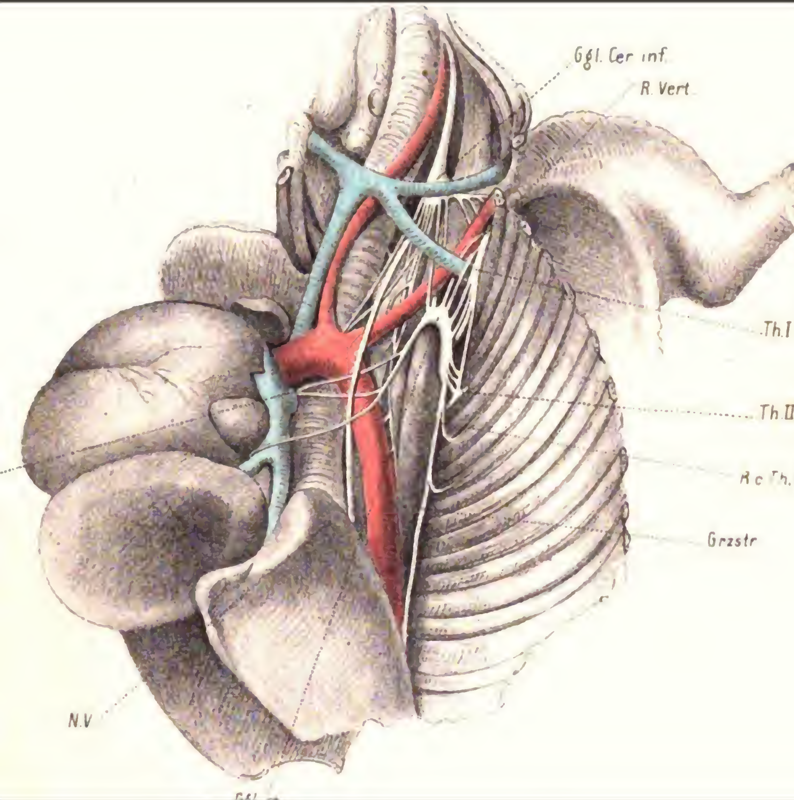


Arbeiten aus der Physiologischen Anstalt zu ...

Universität Leipzig. Physiologische Anstalt

ARBEITEN

AUS DER

PHYSIOLOGISCHEN ANSTALT ZU LEIPZIG

VOM JAHRE 1866

MITGETHEILT

DURCH

C. LUDWIG.



MIT SIEBEN TAFELN.

Abdruck aus dem XVIII. Bande der Berichte der mathem.-phys. Classe
der K. S. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig.

LEIPZIG
BEI S. HIRZEL.
1867.

INHALT.

Seite

Die eingeklammerten Seitenzahlen beziehen sich auf die fortlaufenden Seiten d. XVIII. Bds der Sitzungsberichte der math.-phys. Classe der K. S. Gesellsch. d. Wissensch.

Ueber die Erweiterung von Arterien in Folge einer Nervenerregung.

Von

Dr. Christ. Lovén.

Mit einer Tafel.

I. Veränderungen im Herzschlag und Blutdruck, welche eintreten während der Reizung eines sensiblen Nerven, der mit dem Hirn und dem Rückenmark in Verbindung steht.

Jede schmerzhafte Reizung eines sensiblen Nerven ruft am gesunden Thiere so zahlreiche Erscheinungen hervor, welche sämmtlich den Blutstrom zu verändern vermögen, dass es unmöglich sein würde, auf diese Weise die nächste Beziehung zwischen der Reizung und der Blutstromsänderung zu erforschen. Die Möglichkeit, letzterem Ziele sich zu nähern, ist erst eröffnet, seit uns das Curare zur Seite steht. Wesentlich mit seiner Hilfe habe ich die folgenden Versuche über das obengenannte Thema und zwar im physiologischen Laboratorium zu Leipzig angestellt.

Die Erscheinungsreihe, die man nach Reizung sensibler Nerven an vergifteten Thieren beobachtete, besteht in Änderungen des Herzschlags, des Durchmessers der kleinen Arterien und des Blutdrucks. Da eine Änderung des Herzschlags und des Blutdrucks schon an und für sich Bedingungen mit sich bringen, welche den Durchmesser der Arterien zu beeinflussen vermögen, so muss offenbar zuerst untersucht werden, wie und unter welchen Umständen Herzschlag und Blutdruck sich ändern, bevor man darauf eingehen kann, welche unmittelbare Beziehungen zwischen der sensiblen Reizung und der Änderung des Gefässdurchmessers bestehe.

Soweit mir bekannt, hat bisher nur *v. Bezold* Versuche darüber angestellt, wie sich Herzschlag und Blutdruck nach einer

sensiblen Reizung gestalten. So wichtig die Erfahrungen sind, die dieser ausgezeichnete Physiologe gesammelt hat, so sind sie doch, weil von andern Gesichtspuncten aus unternommen, für meine Zwecke nicht ausreichend gewesen, so dass ich mich genöthigt sah, sie in einigen Puncten zu ergänzen. Ich werde nun zuerst in kurzen Umrissen die Erfahrungen mittheilen, welche *v. Bezold* gewonnen hat. Seine Beobachtungsthiere waren mit wenigen Ausnahmen durch Curare vergiftet und die Stämme der Vagi und Sympathici am Halse durchschnitten. Ausserdem wurden noch in verschiedenen Versuchsreihen mehrfache Veränderungen am Hirn und Rückenmark angebracht, die im Wesentlichen darin bestanden, dass entweder ein Schnitt unterhalb der medulla oblongata oder ein solcher oberhalb des genannten Hirntheils ausgeführt wurde oder endlich, dass das Hirn und Rückenmark unberührt blieben. Die Reizung ward entweder auf sensible Rückenmarksnerven oder auf den centralen Vagusstumpf angewendet.

a) Hirn und Rückenmark unversehrt; Reizung des plexus brachialis oder ischiadicus. Die Zahl der Herzschläge wird grösser, der Blutdruck beginnt unmittelbar nach der Reizung zu steigen.

b) Das Mark unter- oder oberhalb der medulla oblongata durchschnitten; Reizung sensibler Rückenmarksnerven. Druck und Herzschlag bleiben unverändert.

c) Die medulla oblongata durch einen Schnitt vom übrigen Gehirn getrennt; Reizung des centralen Vagusstumpfes, ein- oder zweiseitig. Der Blutdruck sinkt unmittelbar nach Beginn der Reizung, die Zahl der Herzschläge mindert sich; nach Beendigung des Reizes erreicht der Druck die Höhe nicht wieder, die er vor derselben besessen.

d) Hirn und Rückenmark unversehrt; Reizung der centralen Vagusstümpfe. Bei dieser Art, den Versuch anzustellen, trat mit dem Beginn der Reizung entweder sogleich ein Sinken oder aber ein Steigen des Blutdrucks ein. In einer Anzahl von Fällen verharrte während der ganzen Reizungsdauer der Blutdruck auf seinem erhöhten oder erniedrigten Werthe. In einer andern Anzahl wechselte dagegen das Sinken und Steigen des Drucks unter und über den Normalwerth mit einander ab. War der Blutdruck gestiegen, so hatte sich auch die Zahl der Herzschläge vermehrt.

Diese Thatsachen lassen es ungewiss, ob das Ansteigen des Blutdrucks von einer Erhöhung der Herzthätigkeit oder einer Vermehrung der Widerstände in der Strombahn bedingt sei. Um hierüber soweit wie thunlich Aufklärung zu erhalten, entschloss ich mich, die Versuche dahin abzuändern, dass ich im Gegensatz zu *v. Bezold* den Vagus unverletzt liess. Ausserdem richtete ich auch noch meine Aufmerksamkeit auf das Verhalten einiger kleinen Arterienstämmchen des Ohrs und des Hinterschenkels. An dem letztern Gliede pflegte ich die arteria saphena bloss zu legen, welche bekanntlich durch ihre Reizbarkeit ausgezeichnet ist. Beobachtete ich die Ohrgefässe, so reizte ich auch den centralen Stumpf des nerv. auricularis posterior; hatte ich dagegen die art. saphena blossgelegt, so tetanisirte ich den centralen Stumpf des nerv. dorsalis pedis. Die Erfolge, welche ich an drei Thieren erhalten habe, sind in der nachstehenden Tabelle mitgetheilt. Dieser Tabelle ist eine Beobachtungsreihe von einem vierten Thiere beigefügt, an welchem die nervi vagi nachträglich durchschnitten wurden.

Nr.	Beobachtungen am Schenkel	Mitteldruck in a. carotis	Pulszahl in der Zeiteinheit	Durchmesser der art. saphena	Beobachtungen am Ohr	Mitteldruck	Pulszahl	Durchmesser der art. auricularis
I.		mm				mm		
1	Vor d. Vergift. mit Curare	86	—		2. Vor d. Reizung	63	100	
	Vergiftg ohne Reizung	89	100		Unmittelbar nach Beginn der Reizung	107	57.0	Vermindert
	Reizung d. n. dors. ped.	126 u. 114	49	verringert	Später whrd Reizung	127	31.5	
	Reizung d. n. dors. ped..	104	52.5	vergrössert	Später whrd Reizung	81	52	
	Die Verlangsamung der Pulse und das Ansteigen des Drucks tritt auch nach mechanischer Reizung des n. auricul. ein. In allen Fällen verlangsamt sich der Puls erst nachdem der Druck schon bedeutend gestiegen.							
II.								
1	Vor d. Vergift.	84	100		3. Vor d. Rzg.	101	100	Nicht beobachtet
	Vergftg (noch nicht vollkommen)	95	79		Während der Reizung	109	45.5	
	Rzg. d. n. dors. pedis	145	46.5	vermindert	Nach d. Reizung	99	75.0	
	Später	145	51	vermindert				

Nr.	Beobachtungen am Schenkel	Mitteldruck	Pulszahl in der Zeiteinheit	Durchmesser d. art. saphena	Beobachtungen am Ohr	Mitteldruck	Pulszahl	Durchmesser d. art. auricularis
		mm				mm		
2	Vor der Reizung	95	100		1. Vor der Reizung	106		Wenig vermindert
	Reiz. i. Beginn	119	65					
				Vermind.	Reizung	134	—	Vergröss.
	Reizg. später	110	69	Vergröss.	Reizung	106	—	
III.								
1	Vor Vergft.	102	100		3. Vor Reizg.	100	—	
	Vergift. während Reizg.	137	61	Unveränd.	Währ. Reizg.	131		Unveränd.
2	Ohne Reizg.	95	100		4. Vor Reizg.	95	—	
	Bei Reizung	135 (Max.)	80	Unveränd.	Währ. Reizg.	112	—	Unveränd.
				Betr. vergrössert	Später	103	—	Vergrössert
	Später	97	90		Später	133	—	Nicht beobachtet
IV.								
1	Vor d. Vergft.	116	100					
	Nach Vergftg.	145	107					
	Reizung d. n. dors. ped.	190	76					
	Vagi durchschnitten							
2	Vor d. Reizg.	122	100					
	Während der Reizung	147 u. 131	80					
3	Vor d. Reizg.	129	100					
	Während der Reizung	152	103					
4	Vor d. Reizg.	173	100					
	Im Beginn	181	95					
	Später	163	60	geringe Vergrösserung				
	Später	175	90					
	Später	175	85					

Stellt man die tabellarische Mittheilung in Worten zusammen, so sagt sie aus:

1) Der Blutdruck des unvergifteten Thieres ist in der Regel niedriger, als der des vergifteten; die Zahl der Herzschläge kann dabei am vergifteten Thiere kleiner oder grösser sein, als am unvergifteten. Ich erinnere hierbei an die bekannte Erfahrung dass in Folge der Vergiftung mit Curare die kleinen Arterien merklich enger werden.

2) Nach Reizung des nerv. auricularis sowohl als des nerv. dorsalis pedis mindert sich ausnahmslos die Zahl der Herzschläge beträchtlich und trotzdem steigt der Blutdruck sehr bedeutend empor. Die Curve des Drucks zeigte dabei die Eigenthümlichkeit, dass meist aus ihr die periodischen Hebungen und Senkungen verschwunden waren, welche vor und nach der Reizung durch die künstlichen Respirationsbewegungen veranlasst werden. Alle diese Eigenschaften beweisen, dass das Steigen des Drucks keineswegs einer vermehrten Herzthätigkeit, sondern vielmehr einer Hemmung des Abflusses zugeschrieben werden muss. Mit dieser Aussage stimmen nun auch die Erfahrungen überein, welche sich im fünften Stabe der Tabelle niedergelegt finden. Wenn nämlich trotz verlangsamten Herzschlags der Blutdruck beträchtlich gestiegen war, so hatten sich auch die sichtbaren Arterienstämmchen bis zum Verschwinden ihrer Lichtung verengert. Wenn dagegen der Blutdruck während der Reizung sank, so erweiterten sich die Arterien.

Allerdings sank der Blutdruck in den sechs Beobachtungen, in denen sich nach der vorliegenden Tabelle die beobachteten Arterien erweiterten, nicht unter den Werth vor der Reizung, sondern er fiel günstigsten Falls nur auf diejenige Höhe herab, welche er vor der Reizung eingenommen hatte. Da eine Erweiterung der Arterien nothwendigerweise von einer Verminderung der Widerstände begleitet sein muss, so hätte man erwarten sollen, dass der Blutdruck unter seinen Normalwerth herabgestiegen wäre. Um dieses Ausbleiben des erwarteten Erfolgs erklärlich zu finden, bleiben zwei Auswege offen. Entweder die Herzkraft ist gemehrt. Gegen diese Annahme sprechen ausnahmslos die Zahlen der Tabelle, denn sie zeigen, dass auch bei der eingetretenen Arterienerweiterung die Zahl der Herzschläge geringer als vor der Reizung war. Man ist deshalb wie mir scheint auf den zweiten, noch übrigbleibenden Erklärungsgrund angewiesen. Dieser würde die Annahme verlangen, dass die Erweiterung sich nicht auf sämmtliche Arterien sondern nur auf die wenigen erstreckt habe, welche gerade beobachtet wurden und vielleicht noch auf einige andere, während in allen übrigen noch eine mehr oder weniger bedeutende Verengerung zurückgeblieben sei. Ich bin um so mehr geneigt, dieser Hypothese Gehör zu geben, weil, wie meine später mitzutheilenden Beobachtungen lehren, die erweiternde Wirkung eines sensiblen

Nerven sich in der Regel nicht über den peripherischen Verbreitungsbezirk des betreffenden Nerven hinaus erstreckt und in der That hatte ich ja die Arterie beobachtet, deren zugehörigen Nerven ich reizte. Übrigens versteht es sich von selbst, dass zur Aufhellung des wahren Sachverhaltes noch weitere Versuche wünschenswerth sind.

3) Die Minderung der Herzschläge, die nach Reizung eines sensiblen Nerven beobachtet wird, kommt vorzugsweise durch reflectorische Erregung des nervus vagus zu Stande, da nach Durchschneidung dieses Nerven die Zahl der Herzschläge während der Reizung entweder gar nicht oder nur unbeträchtlich sinkt. Sie kann sogar, wie *v. Bezold* gezeigt hat, unter diesen Umständen beträchtlich anwachsen. Woher die nach entgegengesetzter Richtung gehende Veränderung des Herzschlages rührt, muss bis auf Weiteres unentschieden bleiben.

Aus den Thatsachen, die ich bis dahin mittheilte, geht nun jedenfalls hervor, dass die Erweiterung der Blutgefässe, welche nach der Reizung eines sensiblen Nerven auftritt, nicht durch den erhöhten Blutdruck veranlasst sein kann, sondern dass umgekehrt die Verengerung der Arterien die vorzüglichste Ursache der Blutdrucksteigerung abgebe. Sollen sich, so müssen wir darum weiter schliessen, die Arterien eines Gefässgebietes erweitern, dann muss vorgängig der Tonus ihrer Nerven herabgestimmt sein. Dies wird unbestritten für alle die Fälle gelten, in welchen sich eine Erweiterung einfindet, ohne dass zugleich eine Steigerung des Blutdrucks über seinen normalen Werth beobachtet wurde. Combiniren sich eine Verminderung des Tonus einzelner Gefässabschnitte und einer Erhöhung des Blutdrucks, so wird begreiflicherweise eine sehr beträchtliche Erweiterung aller Gefässe des Bezirks zu Stande kommen, zu welchem die Arterien mit erschlaffter Wandung gehören. Diesem Umstande scheint es, wie ich schon jetzt bemerke, zuzuschreiben zu sein, dass die Reizung sensibler Nerven sehr häufig eine viel intensivere Röthung ihres Verbreitungsbezirks bewirkte, als sie vermöge einer Durchschneidung der entsprechenden Fasern des Sympathicus entsteht.

II. Über die Arterienerweiterung durch Erregung der nervi auriculares posterior und anterior.

Da es der Literatur an einer genauen Beschreibung der Nerven fehlt, welche sich am äussern Ohr des Kaninchens vertheilen, so sei es mir erlaubt, zuerst einige anatomische Thatsachen einzuschalten.

Das äussere Ohr des Kaninchens empfängt Äste vom ersten Halsganglion des Sympathicus, von zwei Rückenmarksnerven (auricularis anterior und posterior) und von vier Gehirnnerven: facialis, trigeminus, vagus und glossopharyngeus.

Die sympathischen Nerven entspringen bekanntlich vom inneren Rand des ersten Halsganglions und verlaufen in enger Verbindung mit den Arterien, die sich am Ohr verzweigen.

Der vordere Ohrnerv, vom plexus cervicalis, hauptsächlich aber von den vorderen Ästen der zweiten und dritten Cervicalnerven entspringend, tritt am hinteren Rande des Kopfnickers hervor und verläuft nur von Haut und Hautmuskeln bedeckt nach vorn und aufwärts gegen das äussere Ohr. Er nimmt einige Fasern vom nervus cervicalis superficialis auf, sendet einige Zweiglein zur Haut der Parotisgegend und theilt sich zuletzt in zwei Äste, einer wendet sich nach vorn um sich an der vorderen Seite des hinteren dünnen Randes des Ohrlöffels zu verzweigen; der andere bleibt ziemlich in der Mitte der hinteren Fläche, wo er sich bis an die Spitze des Löffels ausbreitet.

Der hintere Ohrnerv entsteht vom hinteren Aste des zweiten Cervicalnerven, geht, nachdem er zwischen den tiefen Nackenmuskeln einige Muskeläste abgegeben nach aussen und vorwärts von ein Paar dünnen Muskelschichten bedeckt zu der oberen Seite der Ohrwurzel, und durch einen knorpeligen Fortsatz desselben an und entlang dem vorderen stumpfen Rande des Ohrs.

Nervus facialis giebt zu den Muskeln des äusseren Ohres eine sehr grosse Anzahl von Ästen ab, zum Theil schon bevor der Hauptstamm der Nerven den Fallopischen Kanal verlassen hat, zum Theil aber erst vor dem knorpeligen Gehörgang.

Ramus auriculo-temporalis des Trigeminus tritt am hinteren Rande des aufsteigenden Unterkieferastes aus der Tiefe hervor und theilt sich sogleich in drei Hauptzweige,

von welchen einer nach aussen und unten zieht um sich mit dem Facialis zu verbinden, einer in der Schläfengegend sich verbreitet und der dritte in zwei oder drei lange, dünne Fäden sich auflöst, die bis zum Ausschnitt am unteren Rande der Ohröffnung verfolgt werden können.

Der Arnoldische Nerv (ramus auricularis vagi) ist beim Kaninchen verhältnissmässig nicht unbedeutend. Er entsteht hoch oben im foramen lacerum aus zwei Wurzeln — deren eine aus einem Ganglion des Vagus, die andere vom Glossopharyngeus sich ablöst; dann tritt er durch einen eigenen knöchernen Gang in der oberen-hinteren Wand der Paukenhöhle zum Fallopischen Kanal, wo er sich theils mit dem nervus facialis verbindet, theils aber schräg über ihn fortgeht, um durch den Knochen an der oberen Fläche des knorpeligen Gehörganges herauszutreten; hier legt er sich eine Strecke lang an den Knorpel an, durchbohrt schliesslich denselben und löst sich auf der concaven Fläche der Ohrmuschel in seine Endzweige auf. Siehe Fig. 1 und 2.

Um die Veränderungen, welche im Durchmesser der Auriculargefässe eintreten, bequem beobachten zu können und um jede Störung des Blutstroms zu vermeiden, welche durch Lagenveränderungen des Ohrs bedingt werden könnten, gab ich dem Kopfe und Ohre eine fixirte Stellung, die während der ganzen Versuchsdauer unverrückt erhalten werden konnte. Hierzu bediente ich mich einer Schraubenzange, welche im Leipziger Laboratorium zu ähnlichen Zwecken verwendet wird. Ich halte es für unnöthig, dieses einfache Instrument zu beschreiben; dem Verständniss ist genügt, wenn ich sage, dass der Kopf des aufgebundenen Thieres durch eine Kornzange, welche die Wangen umgreift, erhoben wird und dass eine Pincette die Spitze des Ohrlöffels fasst und ausgebreitet emporhält, ohne einen Druck auf die Wurzel und den Körper des Löffels auszuüben. Nachdem Kopf und Ohr auf diese Weise fixirt waren, wurden der Reihe nach beide nervi auriculares aufgesucht und jeder doppelt und fest unterbunden und endlich zwischen den Ligaturen durchschnitten. Das peripherische und centrale Ende der durchschnittenen Nerven konnte nun durch Luft isolirt und mittelst des gewöhnlichen Schlittenapparats bequem gereizt werden. Ich muss auf das Dringendste zurathen, bei ähnlichen Versuchen

jedes Mal beide Nerven auf ihre etwaigen Leistungen zu prüfen, da ich gefunden habe, dass die im Folgenden aufgezählten Erscheinungen nicht gleich deutlich durch jeden von beiden Nerven hervorgerufen werden können, sondern dass bald dieser, bald jener Nerv vorzugsweise wirksam ist.

Durch die Versuche von *Snellen* ward bekanntlich zuerst festgesetzt, dass eine schmerzhafte Reizung der centralen Stümpfe der genannten Nerven zunächst eine Verengerung und dann eine Erweiterung der Arterien des Löffels bedingt. Dieser Erscheinungsreihe begegnet man unzweifelhaft in den meisten Fällen, in welchen man ein gesundes, lebenskräftiges Thier zum Versuche verwendet. Die Bahn, durch welche die Verengerung sowohl, als die Erweiterung vermittelt wird, geht durch den nervus auricularis zum verlängerten Mark und von da durch den Halsstamm des Sympathicus zu den Ohrgefässen. Der Beweis hierfür liegt bekanntermassen darin, dass nach Durchschneidung des sympathischen Halsstammes die Reizung des sensiblen Nervenstumpfs das ohnediess schon rothe Ohr nicht noch merklich höher färbt.

Bevor ich auf die Data eingehe, die mir die Wiederholung der Versuche von *Snellen* ergaben, will ich noch bemerken, dass ich auch die Angaben von *M. Schiff* bestätigen kann, welcher behauptet, dass in den spinalen Auricularästen Fasern enthalten seien, die in einer unmittelbaren Beziehung zu den Circularmuskeln der Arterien stehen. In der Regel rief die Durchschneidung des einen oder andern Auricularastes eine dauernde Erweiterung eines Arterienstückes auf dem Ohr der operirten Seite hervor. Sie erstreckte sich gewöhnlich nur auf den Theil der Arterie, welcher in der Nähe der Spitze verläuft. Diese Erweiterung konnte durch eine Reizung des peripherischen Stumpfes in ihr Gegentheil umgesetzt werden und namentlich auch dann noch, wenn der Halsstamm des Sympathicus vorher durchschnitten war. Bei dieser letztern Modification des Versuchs blieb die Arterie während ihres Verlaufes durch den grössten Theil des Ohres erweitert, während sich dieselbe an der Spitze und den Seitentheilen des Ohres verengerte. Meistens setzte sich der verengerte von dem erweiterten Theile ganz scharf ab.

Ich kehre nun zu den Erfahrungen zurück, welche mir die Reizung des centralen Nervenstumpfs geliefert hat. Wenn ich ein kräftiges unvergiftetes Thier dem Versuche unterwarf, so

bemerkte ich in den meisten Fällen, dass nach Beginn der Reizung sich die arteria auricularis verengte. Dies geschah um so sicherer und rascher, je lebhafter das Thier durch Schreien und Gliederbewegungen seinen Schmerz äusserte. Die Verengerung der Arterie hielt zwar eine ungleiche, aber immer nur eine sehr kurze Zeit hindurch an und machte dann, und zwar noch während des bestehenden Reizes, einer Erweiterung Platz. Diese letztere begann jedesmal zuerst am Stämmchen der arteria auricularis und schritt von da in rascher Folge zu den immer kleinern Zweigen fort. Erst nachdem dies geschehen, füllten sich die Venen, so dass nun der Löffel eine tief rothe Farbe darbot.

Das nächste Interesse, welches sich an die vorliegenden Versuche knüpft, scheint mir in der Entscheidung der Frage zu bestehen, ob die Erweiterung nur in Folge der voraufgegangenen Verengung eintrete, mit einem Worte, ob die Erweiterung eine Folge der Ermüdung sei, in welche der Sympathicus durch die zuerst vorhandene Anstrengung gerathen war. Verhielten sich die Abhängigkeitsverhältnisse in der Weise, so würde man erwarten müssen, dass nach Zeit und Stärke eine Proportion zwischen der Verengerung und der Erweiterung bestünde. Dies ist nun aber, wenn man eine grössere Zahl von Experimenten ausführt, keineswegs der Fall. Zuweilen wird allerdings die nachfolgende Erweiterung um so beträchtlicher, je ausgesprochener vorher die Verengung war. In zahlreichen andern Fällen folgt aber auf eine kaum merkliche Verengung eine sehr umfängliche Erweiterung. Einmal sogar traf es sich an einem unvergifteten Thiere, dass unmittelbar nach Beginn der Reizung ohne jede Spur einer vorausgegangenen Verengerung eine sehr mächtige Erweiterung eintrat. Diese Erscheinung wiederholte sich an diesem Thiere so oft, als noch die Reizbarkeit des sensiblen Nerven den Versuch zuliess.

Wie diese Ergebnisse unvereinbar mit der Annahme sind, dass die Erweiterung der Gefässe von einer Ermüdung der sympathischen Fasern nach vorausgegangener Anstrengung bedingt sei, so scheint es mir auch mit einer andern Thatsache der Fall zu sein. Reizt man den blossgelegten Halsstamm des nerv. sympathicus, so dass hierdurch ebenso lange und noch länger eine Verschliessung der Arterien erzeugt wird, wie sie auch die Erregung des sensiblen Stumpfs hervorruft, so bemerkt man nach Entfernung des Reizes zwar zuweilen eine geringe Erweiterung

der Ohrgefässe: niemals aber sah ich diese auch nur annähernd so mächtig werden, wie nach der Reizung des nerv. auricularis. Daraus geht hervor, dass die sympathischen Fasern keineswegs so leicht zu ermüden sind.

Um meinen Versuchen eine grössere Reinheit zu geben, insbesondere um den Blutstrom von den heftigen Bewegungen der Glieder und des Brustkorbs unabhängig zu machen, verliess ich die Beobachtung des unvergifteten Thieres und wendete mich zum Gebrauche des Curare. Indem ich dies that, begünstigte mich im Beginn meiner Beobachtungen mit vergifteten Thieren das Glück insofern als ich auf eine grössere Zahl von Thieren traf, bei denen eine Reizung der sensiblen Nerven an verschiedenen Stellen des Körpers jedesmal sogleich eine Erweiterung der Gefässe hervorrief, die oft weit beträchtlicher war, als diejenige, welche einer Durchschneidung der betreffenden sympathischen Stämme nachfolgt. Diese Beobachtungen sprachen aus diesem, noch mehr aber aus einem andern Grunde gegen die Annahme, welche die Erweiterung in Folge der Ermüdung eintreten lässt. Meistentheils folgte jetzt auf die Erweiterung eine Verengerung und zwar entweder noch während der Reizung oder unmittelbar nach Beendigung derselben; diese Verengerung war in einigen Fällen beträchtlicher, als sie vor der Reizung gewesen. Als Erläuterung des Thatbestandes mag folgende mit Zeitbestimmungen versehene Beobachtung dienen.

Versuchsnummer.	Nerv.	Stärke und Dauer der Reizung.	Eintritt d. Erweiterung nach Beginn d. Reizung.	Eintritt d. Verengerung nach Beginn d. Reizung.
1	N. auricul. ant.	mässig stark, 15 Sec.	5 Sec.	35 Sec.
2	- - -	- - 22 -	6 -	40 -
3	- - -	- - 17 -	6 -	28 -
4	- - -	- - 12 -	5 -	22 -
5	- - -	sehr stark, 5 -	5 -	15 -
6	- - post.	schwach, 17 -	4 -	16 -
7	- - -	stärker, 15 -	5 -	30 -

Die Erweiterung, welche nach Reizung der sensiblen Ohrnerven einer Seite auftrat, blieb in einigen durchaus nur auf das Ohr der operirten Seite beschränkt. In mehreren andern Fällen dehnte sie sich auch auf das Ohr der nicht operirten Seite aus. Hier war jedoch die Röthung um ein sehr Merkliches schwächer;

auch fing sie um 2—4 Secunden später an und schlug mit Ausnahme eines einzigen Falles früher in Verengerung um, als auf der operirten.

Hätte ich meine Versuche nicht über eine sehr grosse Reihe von Kaninchen ausgedehnt, so würde ich durch diesen glücklichen Anfang bestimmt worden sein, es als eine Eigenthümlichkeit curarisirter Thiere zu betrachten, dass bei ihnen die Reizung sensibler Stümpfe sogleich eine Erweiterung der Gefässe bedingte. Die Fortsetzung meiner Beobachtungen belehrte mich jedoch vom Gegentheil, indem ich später wiederholt auf Thiere traf, welche sich so verhielten, wie es in der Regel bei unvergifteten der Fall ist. Immerhin aber begünstigt die Curarevergiftung den Eintritt der primitiven Röthung.

III. Erweiterung der arteria saphena durch Reizung des nervus dorsalis pedis.

Von der bekannten Erfahrung ausgehend, dass schmerzhafte Eingriffe auf die Haut des Menschen für gewöhnlich eine Röthung derselben hervorrufen, war vorauszusehen, dass die am Ohre beobachtete Erscheinung auch noch an andern Orten des Kaninchenkörpers aufzufinden sei. Bei der Wahl der zu prüfenden Stellen war zu berücksichtigen, dass keine Nervenstämme tetanisirt werden durften, in denen zugleich mit den sensiblen auch die sympathischen Fasern der Arterien verliefen, an welchen man die Erweiterung sehen wollte. Da die sympathischen Zweige meist schon den Arterienstämmchen höherer Ordnung zugeordnet werden und sich mit diesen weiter verästeln, so eignet sich am Kaninchen zu einem Versuche sehr gut die arteria saphena, welche ihren sympathischen Zweig aus dem plexus cruralis insbesondere aber mit dem nervus saphenus empfängt. Die Abhängigkeit der Arterienmuskeln von dem genannten Nerv lässt sich leicht darthun; durchschneidet man den nerv. saphenus so erweitert sich die gleichnamige Arterie plötzlich, reizt man dagegen den peripherischen Stumpf des Nerven so verengt sich das Gefäss. Nun verzweigt sich aber die art. saphena in der Regel bis zum Fusse herab, sodass zu den in ihrem Verbreitungsraum liegenden sensiblen Nerven u. A. auch der nerv. dors. pedis gehört.

Aber nicht allein durch dieses Verhalten sondern auch durch Ursprung und Verlauf ist sie für die Beobachtung günstig.

Sie entspringt aus der Schenkelpulsader, bevor diese die Adductoren durchbohrt, und verläuft als ein sehr feiner rother Faden an der innern Seite des Unterschenkels. Obwohl sie beim curarisirten Thiere meist sehr zusammengezogen ist, so lässt sie sich doch darum immer leicht auffinden, weil sie auf beiden Seiten von je einer Vene einer vorderen grösseren einer hinteren kleineren begleitet wird. Ich verfehle nicht, darauf aufmerksam zu machen, dass mir zwei Fälle vorgekommen sind, in denen die Arterie statt bis zum Fussgelenk herabzulaufen, in demjenigen ihrer Zweige endigte, welchen sie an der Innenseite des Kniegelenks in das rete patellare abgiebt. Beim Blosslegen der Arterie muss man begreiflich dafür sorgen, den nervus saphenus nicht zu verletzen, welcher die Arterie begleitet.

Meine Versuchsreihe mit Reizung am centralen Ende des nervus dorsalis pedis begann ich zufällig mit denselben Thieren, welche die Reizung des Auricularis unmittelbar durch eine Erweiterung beantwortet hatten. Gerade so, wie die arteria auricularis verhielt sich nun auch die arteria saphena. Ganz wie vorher am Ohr trat nun 4—6 Secunden nach der Application des Reizes in dem nur eben sichtbaren Gefäss plötzlich eine ganz ausserordentliche Erweiterung ein, die sich rasch zum Maximum steigerte und einige Secunden nach Entfernung der Electroden wieder vollständig verschwand. Die Arterie erweiterte sich nicht nur, sondern fing an kräftig zu pulsiren, was besonders schön hervortrat, wenn man das Bein etwas im Kniegelenke gebogen hielt, indem nun das Gefäss durch jede hereinstürzende Blutwelle mächtig gehoben und geschlängelt wurde; die Erscheinung konnte bei demselben Thiere lange Zeit wiederholt erzeugt werden. Bei mehrern in derselben Weise später vorgenommenen Versuchen erhielt ich fast ausnahmslos dasselbe Resultat und kann noch hinzufügen, dass auch die Reizung des nervus tibialis unterhalb des inneren Fussknöchels zum Ziele führt. — In ein Paar Fällen trat die Erweiterung zwar ein aber sie war nur von sehr kurzer Dauer und verschwand sogar wieder noch während der Reizung. Dasselbe habe ich auch bemerkt in solchen Fällen, wo die Erscheinung zwar im Anfang sich völlig ausgebildet zeigte, wo aber entweder der gebrauchte Reiz sehr kräftig gewesen oder der Versuch zu lange fortgesetzt worden war. Diese Unregelmässigkeiten sind also aller Wahrscheinlichkeit nach, so wie in diesen Fällen der Er-

schöpfung so in jenen einer zufälligen Schwäche der Erregbarkeit des Nerven zuzuschreiben.

Es entsteht hier ganz natürlich die Frage, bis wohin erstreckt sich diese Erweiterung? Ist sie auf die eine Arterie beschränkt oder nimmt vielleicht eine grössere Zahl der arteriellen Gefässe des Gliedes daran Theil. Um diese Frage zu beantworten, beobachtete ich in drei Versuchen während der Reizung des nerv. dorsalis pedis, theils die in ihrem ganzen Verlaufe von der Schenkelbeuge bis zum Durchtritt durch die Adductoren blossgelegte arteria femoralis, theils auch einige der von ihr abgegebenen Muskeläste. Was die letzteren betrifft, so haben schon *Ludwig* und *Thiry* erwähnt, dass die Muskelarterien im Allgemeinen sehr rasch ihre Erregbarkeit einbüssen; auch hier konnten in der vorliegenden Beziehung keine deutlichen Resultate ermittelt werden. Es ist wohl auch möglich, dass diese Gefässe schon durch die für ihre Blosslegung nothwendige Präparation in einen Zustand geschwächter Reizbarkeit oder gar Lähmung versetzt werden, so dass man von ihnen keine Aufschlüsse über die Wirkungen peripherischer Reize erwarten kann. Wenn ich mir also nicht zutraue, ganz entschieden zu behaupten, dass die Muskelarterien sich unter den fraglichen Umständen gar nicht erweitern, so ist doch wenigstens so viel gewiss, dass die etwa eingetretene Erweiterung bei der Entfernung des Reizes nicht nachliess, sondern dass die Gefässe unverändert in demselben Zustande während der ganzen Dauer des Versuches verharrten. Ungefähr dasselbe kann auch vom Hauptstamm der arter. femoralis gesagt werden. Sie schien zwar im Anfang des Versuches sich ein wenig zu erweitern, veränderte aber nachher ihren Durchmesser nicht. Es war dann ganz deutlich zu sehen, wie die oben geschilderten Veränderungen eigentlich nur dem genannten Hautast zukommen, indem sie stets von demjenigen Orte ihren Anfang nahmen, wo die Hautarterie von der cruralis sich abzweigt und, was noch merkwürdiger scheint, während im Aste die Pulsationen so gewaltig auftraten, waren sie in der grossen Arterie sehr unbedeutend und wurden bei der Reizung gar nicht verstärkt.

Das scheinbare Paradoxon, dass ein so kleiner Zweig der arteria cruralis pulsirte, während der Hauptstamm dieses kaum merklich that, erklärt sich leicht aus der ungleichen Steifigkeit der Wandung und gerade dieser Unterschied in der Pulsation

beweist, dass sich die Erschlaffung nur auf die Wandung der arteria saphena erstreckt hatte.

Als ich im weitern Verlauf meiner Beobachtungen auf curarisirte Kaninchen stiess, bei denen die Reizung am Ohrnerven eine primäre Verengerung ergab, fand ich, dass die Erregung des nerv. dorsalis pedis bei demselben Kaninchen auch hier eine primäre Verengung erzielte und dass bei den Thieren, bei welchen eine Reizung des n. auricularis das eine Mal Erweiterung, das andre Mal Verengerung der Ohrgefässe hervorrief, sich die Reizung des n. dorsalis pedis mit Rücksicht auf die arteria saphena gerade so verhielt. Doch auch diese Übereinstimmung besteht nicht ausnahmslos. Ich habe auch ein Thier beobachtet, dessen Ohrarterie sich primär erweiterte, während die saphena abwechselnd weiter und enger wurde.

Ausser an den genannten Körpertheilen habe ich noch eine Reihe von Versuchen an andern angestellt. Im Ganzen sind dieselben jedoch wenig zahlreich gewesen. Nirgends bekam ich dabei gleich auf den ersten Schlag so ausgeprägte Erscheinungen, wie sie das Ohr und die Haut des Unterschenkels bieten.

So habe ich in zwei Versuchen die sensiblen Antlitznerven (infraorbitalis, supraorbitalis und mentalis) gereizt und dabei die blossgelegte arteria maxillaris externa beobachtet. Im Anfang des Versuches gelang es durch Reizung des infraorbitalis eine mit dem Reiz vorübergehende Erweiterung und vermehrte Pulsation des Gefässes herbeizuführen, aber die Erscheinung konnte an demselben Thiere nur ein Paar Mal erzeugt werden. In derselben Weise verhielt sich auch die Arterie des Vorderarmes bei Reizung der Hautnerven desselben; dagegen konnte keine Erweiterung der arteria mammaria externa durch Reizung des zu den Milchdrüsen neben der Arterie hinziehenden Nerven bewirkt werden.

Einige Male habe ich auch curarisirte Hunde ähnlichen Versuchen unterworfen, aber diese Thiere für den vorliegenden Zweck nicht geeignet gefunden. Wenn ich den sensiblen Nerven reizte, so sah ich alsbald eine Erweiterung der Arterien eintreten; wenn aber die Reizung geschlossen wurde, so kehrte der verengte Zustand nicht wieder zurück, selbst wenn man viele Minuten hindurch die Reizung aussetzte. Bei der geringen Zahl von Versuchen, die ich angestellt habe, kann ich nicht ver-

bürgen, ob dies eine allgemeine Eigenschaft des Hundes ist oder nur eine individuelle.

IV. Bemerkungen zu den vorstehenden Versuchen.

Die Reizung der sensiblen Nerven ruft also jedesmal Veränderungen im Herzschlag und zwar meist Verlangsamung der Schlagfolge und ausserdem Erweiterungen oder Verengerungen der Arterienlumina hervor. Nach den Erfahrungen aller Beobachter kann kein Zweifel darüber sein, dass die genannten Erscheinungen, welche die Muskeln der Kreislaufsorgane darbieten, auf reflectorischem Wege zu Stande kommen. Nach meinen Beobachtungen ist es ferner keinem Zweifel unterworfen, dass die Erschlaffung der arteriellen Musculatur unabhängig von einer vorausgegangenen stärkern Verkürzung derselben eintreten kann. Den gangbaren physiologischen Anschauungen nach wird man also sagen müssen, der sensible Reiz sei vermögend auf reflectorischem Wege eben sowohl den Tonus der Gefässnerven zu erhöhen, als auch ihn herabzusetzen. Bis jetzt sind wir noch nicht dahin gelangt, vorauszusagen, wann der sensible Reiz contractionsvermehrend und wann er hemmend einwirken werde. Aus meinen Versuchen scheint nur so viel hervorzugehen, dass die Erweiterung sich viel örtlicher einstellt, als die Verengerung. Wo man auch reizen mochte, immer kam eine Erhöhung des Blutdrucks zu Stande, die, weil sie bei unverletztem Vagus mit einer Verlangsamung der Herzschläge einherging, nur von einer Erhöhung des Widerstandes im Strombett abhängig sein konnte. Die Erweiterung erstreckte sich dagegen ausnahmslos nur auf diejenigen Arterien, welche in dem Revier des gereizten Nerven oder mindestens in dessen Nachbarschaft verliefen. Auf diesen Punkt habe ich wiederholt meine Aufmerksamkeit gerichtet. Schon oben bemerkte ich, dass eine Reizung des n. auricularis der einen Seite gewöhnlich nur die Arterien des gleichnamigen Ohrs erweiterte. Gar zu selten waren jedoch die Fälle nicht, in denen sich auch das Ohr der entgegengesetzten Seite röthete. Unter mehreren Versuchen habe ich auch einmal gesehen, dass eine Reizung des nervus infraorbitalis das Ohr lebhaft röthete. Bei demselben Thiere brachte, wenn auch schwach, aber doch deutlich ausgesprochen, eine Reizung am centralen Stumpfe des plexus brachialis eine Erschlaffung der

Auriculararterien hervor. Niemals habe ich dagegen gesehen, dass sich zum Ohr hin die erweiternde Wirkung des plexus lumbalis oder sacralis erstreckt hätte.

Unter dieser Voraussetzung lässt sich nicht verkennen, dass die ganze Reihe der Erscheinungen, welche sich nach Reizung eines sensiblen Nerven abspinnt, den Charakter jener Art von Zweckmässigkeit trägt, der uns an allen reflectorischen Vorgängen so überraschend entgegentritt. In weitaus der Mehrzahl der Fälle wird es für einen gereizten Ort von günstigen Folgen sein, wenn durch ihn ein breiter und rascher Blutstrom dringt. Nur hierdurch können die Schäden beträchtlicher Temperaturunterschiede, der Compression u. s. w. ausgeglichen werden. Ein auf diese Weise örtlich veränderter Blutstrom muss entstehen, wenn an dem gereizten Orte die kleinen Arterien erweitert sind, während sie an allen übrigen verengert werden. Einem übermässigen Anwachsen des Drucks wird vorgebeugt, wenn sich zu dieser Zeitdie Schlagfolge des Herzens verlangsamt.

Der Ort der nervösen Centraltheile, an dem die Übertragung der Reflexe stattfindet, scheint nicht im Rückenmark, sondern in der medulla oblongata zu liegen. Hierfür sprechen mindestens die Versuche *v. Bezolds*, welcher nach Reizung sensibler Nerven keine Steigerung des Blutdrucks mehr wahrnahm, wenn er einen sensiblen Rückenmarksnerven nach Durchschneidung des Halsmarks reizte. Mit dieser Lagerung des reflectorischen Heerdes der Gefässnerven stimmt vielleicht auch die Ausnahmsstellung überein, welche die Gefässnerven in andrer Beziehung darbieten. *Van Deen* hat zuerst gezeigt, dass durch die Reizung eines Rückenmarksquerschnittes die unterhalb desselben austretenden Nerven niemals erregt werden können. Hiervon machen nun bekanntlich die Gefässnerven in ausgesprochenster Weise eine Ausnahme, ein Umstand, der vielleicht mit einer besondern Lagerungsart der Gefässnerven innerhalb des Marks zusammenhängt.

Aus den Versuchen *v. Bezolds* könnte man nun weiter zu schliessen geneigt sein, dass die Reflexe, welche eine Hemmung des Tonus erzielen, im verlängerten Mark ausgelöst werden; dass diejenigen aber, welche eine Erhöhung des Tonus bedingen, erst im grossen Gehirn auftreten; vorausgesetzt nämlich, dass man die in seinen Versuchen beobachtete Steigerung des Blutdruckes von einer Gefässcontractur, das beobachtete Sinken

welche *J. Müller* *) von den Nerven der entsprechenden Stellen beim Menschen geliefert, ist hier das Schema der Vertheilung das nämliche.

Die lateralen Bündel laufen untereinander parallel und auch grösstentheils gesondert, indem nur die Fäden, welche am meisten gegen die vordere (untere) Fläche der pars membranacea herandringen, sich mit den Fasern des nerv. pudendus verschlingen, welche von letzterm Nerve gegen die prostata und zwar auf der vordern Fläche der Harnröhre verlaufen. — Die lateralen Bündel können bis zu dem Ort verfolgt werden, wo sich die arter. profunda penis an der Seite des bulbus urethrae in ihre Endäste auflöst. An diesem Ort bilden die Zweige mehrerer Nervenbündel in Gemeinschaft mit Ästen des n. pudendus ein äusserst dichtes Netz. Aus diesem dringen Fasern mit den Gefässen in das corp. cavernosum urethrae ein, andere verbreiten sich in den Wandungen der arteria bulbi und ihrer grösseren Äste, wo sie bis in die Muskelschicht hinein verfolgt werden können. Die Fasern sind nach Art der Bindegewebsbündel, jedoch noch ausgeprägter wellenförmig gebogen und äusserst blass; aus diesem Grunde können sie nur durch Säuren oder durch Carmintinction sichtbar gemacht werden.

Die hintern Bündel beider Seiten anastomosiren ausgiebig mit einander und bilden einen plexus der unmittelbar auf der Muskelhaut der Harnröhre liegt; sie entziehen sich alsbald der Verfolgung, so wie sie in das äusserst dichte mit elastischen Fasern reichlich durchsetzte Bindegewebe eintreten, das sich im hintern Theil des bulbus unmittelbar innerhalb des musc. bulbocavernosus findet.

Ganglien und ganglienartige Massen habe ich an folgenden bisher unbekannten Standorten aufgefunden. 1) An der hintern Fläche der portio membran. urethrae; sie sind bis auf einige Linien vor der hintern Gränze des bulbus, besonders reichlich aber in der Vertiefung zwischen prostata und Harnröhre nachweisbar. Die Ganglienkörper liegen entweder einzeln oder gruppenweise; der Form nach sind sie entweder gewöhnliche Ganglienzellen mit viel gelblichem, körnigem Protoplasma, oder sie sind von eigenthümlicher Gestaltung. Da sich unter den

---

*) Über die organischen Nerven der erectilen männl. Geschlechtsorgane. Berl. 1836. Tab. III.

von *Beale*, *Arnold*, *Courvoisier* gezeichneten Formen keine ganz entsprechende findet, so habe ich in Fig. III eine solche wiedergegeben; sie ist aus dem plexus hypogastricus, und zwar aus einem Nerven genommen, der unmittelbar auf der pars membranacea auflag. — 2) In dem dichten Bindegewebe am hinteren (obern) Theile des bulbus liegen Ganglienzellen mit wenigem und sehr blassem feinkörnigen Protoplasma zu grössern oder kleinern Haufen oder einzeln zwischen den Nervenfasern. — 3) In den Netzen, welche die lateralen Bündel der nerv. erigentes um die Gefässe an der Seite des bulbus bilden, liegen eigenthümliche Anschwellungen der blassen Nervenbündel, die mit zahlreichen Kernen und einer sehr blassen feinkörnigen Masse gefüllt sind. Fig. IV stellt ein solches Bild dar.

Die vivisectorische Untersuchung der Erection, über welche ich jetzt berichten will, verliert durch die Anwendung des Curare ihren abstossenden Charakter, den sie sonst in diesem Falle ganz besonders besitzt. Man muss es darum als ein Glück ansehen, dass trotz einer sehr intensiven Vergiftung alle Erscheinungen, die der Blutstrom im Penis des gesunden Thieres zeigt, sich unverändert erhalten.

A. Über die Veränderungen im Penis, welche die Beschleunigung des Blutes nach Reizung der nervi erigentes begleiten. — Die Annahme, wonach die normale Contraction der Muskeln im Balkengewebe des Penis daran Schuld sein solle, dass die Geschwindigkeit des Blutstroms in dem genannten Glied nicht zur vollen Entfaltung kommen könne, hat schon *Eckhard* widerlegt. Dieses bewerkstelligte er einfach dadurch, dass er an verschiedenen Stellen das cavernöse Gewebe durchschnitt. Befanden sich, nachdem dieses geschehen, die nervi erigentes im ruhenden Zustand, so war die Blutung auf der Schnittfläche äusserst mässig. Reizte er aber dann die genannten Nerven ein- oder zweiseitig, so stürzte ein mächtiger Blutstrom aus den durchschnittenen Cavernen hervor. Nun konnten aber offenbar die durchschnittenen Wände der Cavernen dem Blutstrome keinen Widerstand geleistet haben. Also musste die vermehrte Blutung dem directen Einfluss der nervi erigentes zugeschrieben werden.

Nach der Wegräumung dieser Möglichkeit bleiben nur noch zwei andere zur Erklärung des vermehrten Blutstroms übrig, entweder es erhält derselbe innerhalb des Penis einen neuen Zusatz von Triebkräften, die nicht schon vom Herzen aus gege-

ben sind; oder es bewegt sich das Blut unter dem normalen Druck und es wird nur der Widerstand innerhalb der Bahn des Stroms gemindert, der sich beim Eindringen desselben in die Cavernen entgegensetzt, beziehungsweise, es erschlafft die Wandung der kleinen Arterien.

Die Entscheidung zwischen beiden Annahmen wird in etwas dadurch erschwert, dass die Erweiterung an den Orten, an denen sie vorkommen muss, wenn sie wirksam werden will, so ohne Weiteres, wie an allen übrigen Körperorten, nicht zu sehen ist. *Eckhard* bemerkt schon mit Recht, dass sich bei der Nervenreizung die Stämme der arteria dorsalis penis nicht erweitern. Bliebe eine Erschlaffung auf die Wandung der genannten Stämme beschränkt, so würde dies für die Vermehrung des Blutstroms durch den Penis auch wenig fruchten, weil nämlich die grösste Summe der Widerstände gerade in den kleinsten Arterienästchen gesucht werden muss. Von der Richtigkeit dieser Behauptung werden wir uns später überzeugen, wenn ich von der Durchschneidung des nerv. pudendus handle.

Die kleinen arteriellen Zuflüsse zu den Cavernen können aber nicht blossgelegt werden, ohne eine Blutung zu erzeugen, durch welche das ganze Gesichtsfeld getrübt wird. Es bleibt für die Untersuchung hier kein andrer Weg übrig, als der, welchen *Cl. Bernard* unter Andern am Ohr angewendet hat, um die Folgen der Reizung und Lähmung des nerv. sympathicus sichtbar zu machen. In unserm Falle wird nun also vom corpus cavernosum und insbesondere von dem der Urethra, wo sich der Strom am raschesten und mächtigsten ändert, vorsichtig Schicht um Schicht abzutragen sein, bis man auf einzelne, stossweise hervorquellende, hellrothe Strömchen trifft. Hat man dies ausgeführt, und reizt man darauf die nervi erigentes, so gewahrt man, dass alsbald die hellrothen Ströme hoch aufspritzend eine mächtige Menge von Blut liefern, und zwar in demselben Masse, wie damals, als unter ähnlichen Umständen nur die corpora cavernosa angeschnitten waren. Dieser Versuch, der ausnahmslos gelingt, beweist, dass auf keinen Fall das Blut durch anziehende Kräfte irgend welcher Art in die Cavernen aus den Arterien hineinbefördert wird. Er belehrt uns dagegen nicht darüber, ob etwa statt einer einfachen Erschlaffung der kleinen Arterienwände neue Stromkräfte dem Blute beigesellt werden. Um diesen letztern Punct zu entscheiden, habe ich den Druck

bestimmt, unter welchem das Blut im corpus cavernosum während des Maximums der Erection steht; selbstverständlich habe ich dabei zugleich den Blutdruck in der Carotis gemessen.

Das Manometer, welches den Blutdruck des Penis mass, habe ich entweder in eine vena dorsalis eingeführt, mit der Canüle gegen die Venenwurzel hin und dann die Vene der andern Seite durch einen umgelegten Faden geschlossen oder ich durchschnitt hinter dem Penisknochen die Urethra, unterband die Harnblase, scarificirte in bedeutender Ausdehnung und bis zur Tiefe der Cavernen die Schleimhaut der Urethra und band die Canüle in die freie Mündung der letztern ein. Hierdurch erhielt ich folgende Zahlen:

Versuchsnummer.	Nervenreizung.	Mitteldruck im Penis.	Mitteldruck in der Carotis.	Penisdruck / Carotisdruck.	Bemerkungen.
	I. Kleiner Hund.				
1	einseitig	46 mm.	95 mm.	0,50	Canüle in die scarificirte Urethra.
2	-	50 -	112 -	0,45	
3	-	30 -	91 -	0,33	
4	-	19 -	51 -	0,36	
	II. Mittelgrosser Hund.				
1	einseitig	36 -	95 -	0,38	Canüle in eine vena dorsalis, die andre geschlossen.
2	doppelseitig	47 -	93 -	0,50	
3	-	38 -	74 -	0,51	
	III. Grosser Hund.				
1	doppelseitig	67 -	110 -	0,60	In die vena dorsalis, zweite geschlossen.
2	-	48 -	116 -	0,41	In die vena dorsalis, zweite offen.
3	-	67 -	116 -	0,58	In die vena dorsalis, zweite geschlossen.

Angesichts der mitgetheilten Thatsachen über den Erectionsdruck kann man sich wie ich glaube ungescheut zu der Annahme bekennen, welche ohnehin aus Gründen der Analogie die wahrscheinlichste ist. Nach ihr beschleunigt die Nervenreizung den Blutstrom in den Cavernen des penis darum, weil sie die Wände der kleinsten Arterien erschlafft und weil sich in Folge hievon die Lichtungen derselben durch den Druck des

Blutes bedeutend erweitern. Hierfür spricht der Versuch, in welchem nach Abtragung eines grossen Theils der cavernösen Wandungen, der Strom aus den kleinsten durchschnittenen Arterien durch Nervenreizung so sichtlich zu beschleunigen ist, und mit der eben ausgesprochenen Vorstellung harmonirt es, dass der Druck, unter welchem das Blut im erigirten Penis steht, im äussersten Fall 0,6 des Druckes beträgt, mit welchem das Blut in der Carotis strömt. Der erstere der angezogenen Versuche beweist, dass die sichtbare Erweiterung der kleineren arteriellen Blutströme von irgend welcher Einwirkung des Gewebes der Cavernen unabhängig ist, und der zweite Theil thut dar, dass es nicht nöthig ist, die Entstehung neuer Triebkräfte zu Hilfe zu nehmen, weil der in der grösseren Arterie vorhandene Blutdruck vollständig ausreicht, um die Kräfte zu decken, welche bei der Erection thätig sind.

Wollte man noch einen Schritt weiter gehen, so könnte man die nervi erigentes, als ein Analogon der Herzäste des n. vagus betrachten, die Ganglien aber, welche in ihrer Bahn an der Wurzel des Penis liegen, könnte man als ein Seitenstück der Ganglien, welche im Herzfleisch liegen, ansehen. Indem man diesen Zusatz ausspricht, darf man nicht vergessen, dass er wohl dazu geeignet ist, eine Reihe von Erscheinungen zu erklären, dass sich aber für ihn bis dahin ein directer Beweis nicht erbringen lässt.

B. Einige Bemerkungen über die Erection des Hundepenis. Man ist allseitig darin übereingekommen, dass zur Erzeugung der Erection des Penis drei Dinge gehören: eine Beschleunigung des zufliessenden, eine Hemmung des abfliessenden Blutstroms und eine Ausdehnbarkeit der Cavernenwandungen. Ich werde der Reihe nach auf die Bedeutung der drei Bedingungen eingehen.

In dem Balkengewebe finden sich bekanntlich organische Muskelfasern. Diese letzteren sowohl wie die Ringfasern der art. dorsalis stehen unter dem Einfluss des nervus pudendus. Hierfür tritt folgender Versuch ein. Reizt man die peripherischen Stümpfe der durchschnittenen nervi pudendi, während der Penis zusammengefallen und durchschnitten ist, so vermindert sich die Blutung, und die durchschnittenen Ränder des Schwellkörpers ziehen sich zurück. War der Penis unmittelbar vor der Reizung des nervus pudendus durch die Erregung der

nervi erigentes geschwellt, so wird nun bei beginnender Tetanisirung der ersteren Nerven der Blutfluss aus den durchschnittenen Schwellkörpern erst vorübergehend beschleunigt, alsbald aber stockt er vollkommen. — Beobachtet man den Durchmesser der art. dorsalis, während man den nerv. pudendus zu durchschneiden im Begriff ist, so sieht man, dass er nach Vollendung der letzteren Operation merklich gewachsen ist, und dass die Pulsation lebhafter geworden; trotzdem tritt jedoch weder Erection ein, noch mehrt sich der Blutstrom in erkennbarer Weise aus dem durchschnittenen corpus cavernosum. — Die Betheiligung des nerv. pudendus und der von ihm abhängigen Gebilde an der Erection liesse sich demgemäss dahin angeben, dass sie durch ihre Zusammenziehung die Steifung des Glieds unmöglich machen können, insofern durch ihr Zuthun der wesentlichste Zufluss des Blutes abgeschnitten wird. Demnach ist nicht abzuleugnen, dass eine jede Verminderung im normalen Tonus des Schamnerven die Erection begünstigen wird, indem sich hierdurch ein Theil der Widerstände vermindert, der sich der Erweiterung der Cavernen und der Zuführung des Blutes entgegenstellt. Ob, wie *Kölliker* will, bei der normalen Erection eine reflectorische Abspannung des n. pudendus eintritt, bleibt dahingestellt.

Die Bedeutung der nervi erigentes hat *Eckhard* schon vollständig erörtert; bei der Erregung dieser Nerven schwellen wohl corpora cavernosa penis et urethrae an, aber der Druck des Blutes in ihnen erreicht wie die oben mitgetheilten Messungen zeigen, keineswegs seinen höchsten Werth, und der bulbus glandis geräth gar nicht in Schwellung.

Das Maximum des Drucks und die Schwellung der Eichelzwiebel treten erst ein, wenn der Strom in den rückführenden Venen und insbesondere in der vena dorsalis unterbrochen wird. Zu diesem Ende dient ein Muskel, welcher zuerst von *Houston* beschrieben und in seinem Verhältniss zu den Dorsalvenen von *Eckhard* abgebildet ist. Zur Vervollständigung der Zeichnung, welche der letztgenannte Gelehrte gegeben, soll meine Figur 5 dienen. Sie stellt einen Durchschnitt durch den bulbus urethrae an der Stelle dar, an welcher die zu einer Vene vereinigten venae dorsalis von der Sehne des Muskels umgriffen werden. Aus dem Anblicke der Figur geht ohne Weiteres hervor, dass bei einer Contraction des *Houston*'schen Muskels das

Lumen der Vene zugeklemmt werden muss. Ahmt man am lebenden Thier während der Reizung der Erectionsnerven diese Absperrung der Venen dadurch nach, dass man ein Band um dieselben schlingt und zuzieht, so schwillt alsbald der Eichelbulbus dermassen an, dass die Vorhaut nicht mehr hinter ihn zurückgestreift werden kann. Ich brauche nicht zu erwähnen, dass trotz der Abschnürung der dorsalen Blutadern der Blutstrom durch den Penis nicht vollständig unterbrochen ist; denn bekanntlich bestehen noch andere schon von *Eckhard* beschriebene Venenabflüsse. Diese letzteren sind aber jedenfalls von untergeordneter Bedeutung, wovon ein einfacher Versuch Zeugniss ablegt. War durch Reizung der Erectionsnerven und Verschluss der Dorsalvenen die höchste Schwellung des Glieds herbeigeführt, und ward darauf die Reizung der Nerven unterbrochen, das Unterband der Venen aber unberührt gelassen, so schwillt das Glied nur sehr allmählig ab, öffne ich nun, während dieses geschieht, die venae dorsales, so sinkt es plötzlich zusammen.

Erklärung der Figuren.

1. Ursprung des ram. auricularis Arnoldi beim Kaninchen. Die in Betracht kommenden Nervenstämme sind aus deren natürlichen Verbindungen herausgelöst und ober- und unterhalb des ram. auricularis abgeschnitten; mehrmals vergrössert; die Namen der Nerven sind den einzelnen Stämmen beigeschrieben.
2. Ursprung derselben Nerven in seiner natürlichen Grösse. Verlauf des ram. Arnoldi durch das Felsenbein. Die Bezeichnung der Nerven ist in die Figur geschrieben.

3. }
4. } Ganglien und gangliöse Gebilde im Verlauf der nervi erigentes.

5. Durchschnitt durch die Sehnen des Houston'schen Muskels und die gemeinsame vena dorsalis penis während ihres Durchtritts durch die genannte Sehne. — A. Houston's Muskel. B. Vena dorsalis com.

Fig. 1.

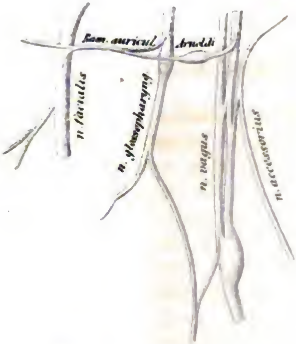


Fig. 2.

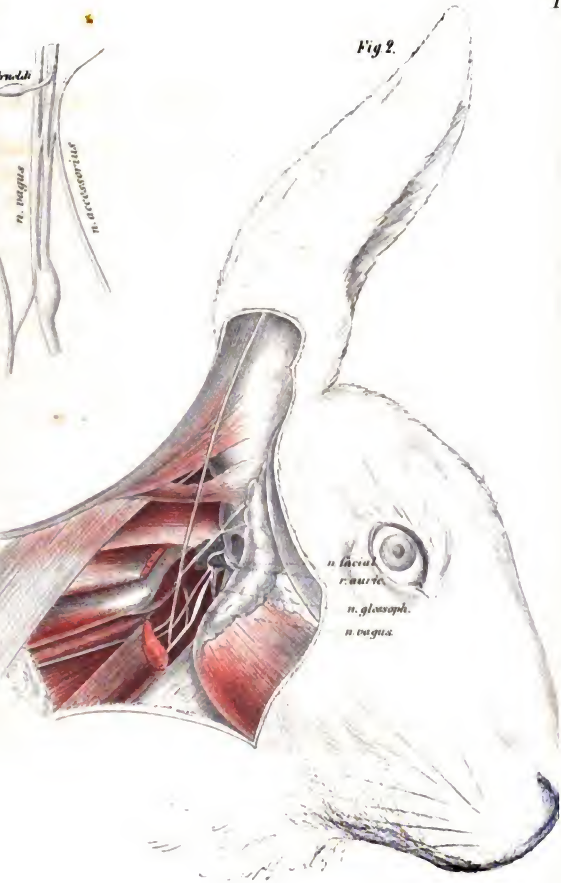


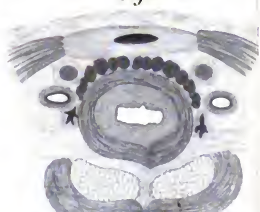
Fig. 4.



Fig. 3.



Fig. 5.



Über die Maassbestimmung der Athmungsgase durch ein neues Verfahren.

Von

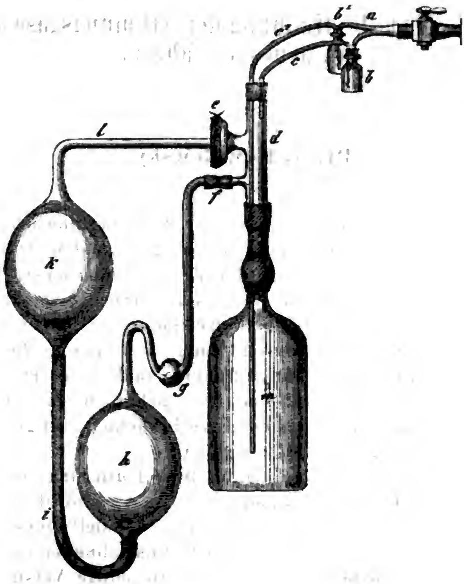
Dr. N. Kowalewsky.

Ueber die Athmung, ein in der Zeit veränderlicher Vorgang, kann man nur dadurch einen genügenden Aufschluss erhalten, dass man ihre mit der Zeit veränderlichen Werthe bestimmen lernt. Das Ideal, welches der Methodik vorschweben muss, besteht in graphischer Aufzeichnung des Sauerstoffverbrauchs und der Kohlensäurebildung. Von diesem Ziele sind wir noch weit entfernt. Zur Auffindung zahlreicher Thatsachen würde aber auch schon ein Verfahren behilflich sein, welches erlaubte, die in mehreren Minuten verbrauchten und gebildeten O- und CO_2 mengen genau anzugeben.

Für die Kohlensäure konnte diese Forderung schon seit lange befriedigt werden; anders aber steht es mit dem Sauerstoff. Professor Ludwig zeigte mir das Modell eines kleinen Apparates, der auch dem letztern Bedürfniss abhelfen sollte; ich übernahm auf seine Aufforderung gern einige Versuche mit demselben, um ihn auf seine Brauchbarkeit zu prüfen. Das Resultat dieser Beobachtungen lege ich in Folgendem nieder.

Das neue Verfahren macht Gebrauch von einem durch Regnault und Reiset zuerst angewendeten Prinzip, bei welchem bekanntlich die Grösse des Athmungsraumes unverändert erhalten wird. Unter dieser Bedingung ist die Athmung nur dann möglich, wenn die ausgeathmete Kohlensäure fortwährend von einem Absorbenten aufgenommen und das verschwundene Sauerstoffgas durch neu hinzutretendes ersetzt wird. Die Abänderung, welche das Verfahren der französischen Gelehrten in dem neuen Apparate erfahren hat, besteht eines Theils darin, dass derselbe nicht für die totale, sondern nur für die Lungen-

athmung bestimmt ist und ausserdem ist die Regulirung des Druckes in dem Athmungsraume auf eine neue Weise hergestellt. Die nachstehende Zeichnung wird am besten dazu dienen können, um den Plan und seine Ausführung zu erläutern.



Mit der Luftröhre in Verbindung steht ein Gabelrohr a, die Zweige der Gabel münden je in ein Ventil, von denen eins nur den Ausathmungs-, das andere nur den Einathmungsstrom durchlässt. Die Röhren c und c', welche aus diesen Ventilen hervorgehen, durchbohren einen Gummistopfen, welcher die obere Oeffnung eines kurzen etwa 20 Millimeter langen Glasrohres d schliesst. Diesem Glasstück wollen wir den Namen »Sauerstoffregulator« geben. Aus ihm gehen unter rechten Winkeln zwei kurze 5 Millimeter weite Glasröhrchen etwa in der Mitte seiner Länge hervor; eins derselben e mündet in eine Erweiterung, welche durch eine dünne Kautschukhaut verschlossen ist; an dem anderen f steckt ein entsprechend weiter Kaut-

schukschlauch. Dieser letztere läuft vermittelst des Zwischenstücks *g* in die mit Sauerstoff gefüllte Flasche *h* aus. In die Oeffnung, welche am Boden der Flasche enthalten ist, geht der heberförmig gebogene Kautschukschlauch *i*, dessen aufsteigender Schenkel mit einer Oeffnung in Verbindung steht, welche den Boden der Wasserflasche *k* durchbohrt. Aus der oberen Oeffnung dieser letzteren Flasche geht ein rechtwinkelig gebogenes Glasrohr *l* ab. Der Rand, welchen die freie Oeffnung des Rohrs *l* umgibt, ist glatt abgeschliffen und die Wasserflasche ist so gestellt, dass jener Rand an der Kautschukplatte anliegt, welche die Erweiterung bei *e* verschliesst. Ehe ich das Spiel dieses Stückes schildere, will ich zuerst noch die Beschreibung des Apparates vollenden. An dem unteren offenen Ende des Sauerstoffregulators *d* steckt mittelst eines Kautschukschlauches die Kaliflasche *m*. Von den beiden Röhrchen *c* und *c'* endet *c*, welches zum Einathmungsventil führt, kurz unter dem Kautschukpfropfen in den Sauerstoffregulator, das andere *c'* führt dagegen bis in die Mitte der Kaliflasche *m*. Um diesem längern Rohr die nöthige Beweglichkeit zu ertheilen, ist es aus zwei Stücken, die durch ein Kautschukrohr verbunden sind, zusammengesetzt; dieses Gelenk befindet sich noch innerhalb des Sauerstoffregulators. — Die Wirkungen der einzelnen Stücke des Apparates ist leicht zu erkennen. Gelangt durch das Ausathmungsrohr Kohlensäure in die Kaliflasche, so wird dieselbe dort absorbirt werden und zwar um so rascher, je lebhafter das Kali geschüttelt wird. Dieses ist möglich, weil das Zuleitungsrohr sowohl als die Kaliflasche durch Kautschukgelenke mit den feststehenden Theilen des Apparates verbunden sind. Nehmen wir ferner an, es wäre durch das Einathmungsrohr Luft aus dem Sauerstoffregulator und der anhängenden Kaliflasche entfernt, so wird die Kautschukplatte, welche über der Erweiterung *e* gespannt ist, eingezogen; hierdurch wird sich die freie Oeffnung der rechtwinkligen Röhre, welche aus der Wasserflasche hervorgeht, mit der Atmosphäre in Verbindung setzen, und es wird in Folge dessen aus der Flasche *k* so lange Wasser in den Sauerstoffbehälter *h* und also auch in den Sauerstoffregulator *d* einfliessen, bis die Luft innerhalb des Regulators wieder so weit gespannt ist, dass sich die Kautschukplatte an die freie Mündung des Wasserbehälters anlegt. Von diesem Moment an wird Wasserabfluss und Sauerstoffzutritt beendet sein. Vorausgesetzt,

es sei das Gas, welches im Beginn der Versuche im Ventile, dem Regulator und der Kaliflasche enthalten war, atmosphärische Luft gewesen, so würde, wenn das Thier weder Stickstoff verbraucht noch ausgegeben hätte, die Zusammensetzung der Luft während der ganzen Dauer des Versuches unverändert geblieben sein, da die gebildete Kohlensäure fortwährend absorbirt und der verbrauchte Sauerstoff fortwährend wieder ersetzt wird. Um die Menge der Kohlensäure zu finden, welche während der Versuchszeit ausgehaucht wurde, hat man nur nöthig, die Kohlensäure zu messen, welche das Kali vor und nach Beendigung des Versuchs enthielt. Dieses hat bekanntlich keine Schwierigkeit. Die Menge des verbrauchten Sauerstoffes kann man noch directer finden durch Ablesen des Wasserstandes im Sauerstoffrohr vor und nach Beendigung des Versuchs. Da der Druck und die Temperatur des Sauerstoffes zu beiden Zeiten unverändert geblieben ist, so wird die Genauigkeit seiner Bestimmung nur von der Sicherheit der Ablesung im Rohr abhängen. — Etwas umständlicher wird die Bestimmung, wenn sich die Zusammensetzung der Luft im Athmungsraum während des Versuchs ändert. Dies wird allerdings der häufigere Fall sein, da sich weder der Stickstoff bei der Athmung vollkommen indifferent hält, noch auch das zum Versuch verwendete Sauerstoffgas vollkommen rein ist. In diesem Falle muss auch noch eine Luftprobe aus dem Athmungsraume herausgenommen und analysirt werden. Die procentische Zusammensetzung dieser Probe gibt die gesammte Menge von Sauerstoff, welche zu Ende des Versuchs im Athmungsraume enthalten ist, wenn das Volumen des letzteren bekannt war. Der Fehler, welcher durch die Aenderung der Temperatur in diese Bestimmung eingeführt ist, dürfte zu vernachlässigen sein, wenn man durch geeignete Mittel dafür sorgt, dass das an und für sich kleine Luftvolumen im Athmungsraum möglichst annähernd auf der Temperatur der Atmosphäre erhalten wird.

Damit, dass wir die ausgehauchten und eingenommenen Gasmengen bequem zu bestimmen vermögen, ist aber unsere Aufgabe noch nicht gelöst; sie wird es dann sein, wenn sich nachweisen lässt, dass der Apparat dem Thiere gestattet die ganze Kohlensäuremenge auszuhauchen, welche es während des Versuches bildete. — Die thierischen Flüssigkeiten, und insbesondere die alkalisch reagirenden, sind im Stande viel Kohlen-

säure zu absorbiren, wenn der Kohlensäuregehalt der Luft in den Athmungswegen zunimmt. Dieses Anwachsen der CO_2 kann aber nur dann umgangen werden, wenn die Luft, welche das Thier einathmet, vollkommen kohlensäurefrei ist, und wenn die Lunge jederzeit mit Leichtigkeit ihren Inhalt entleeren kann.

Die erste dieser Bedingungen war, wie ich glaube, in meinen Versuchen erfüllt; denn der Raum, welcher zwischen der Luftröhrenöffnung und den Ventilen lag, war kaum so gross als der, welcher sich am unverletzten Thier vom ersteren Orte bis zur Nasenmündung erstreckt, also konnte sich hier keine Luft bei der Ausathmung anhäufen, welche die darauf folgende Einathmung in die Lunge zurückgeführt hätte. Das Anwachsen der Kohlensäure im Athmungsraum jenseits der Ventile ist leicht zu verhindern, wenn man die Ausathmungsluft bis nahe über dem Spiegel des flüssigen Absorbenten führt und wenn man eine starke, frisch bereitete Kalilauge anwendet und die Kohlensäureabsorption durch fleissiges Schütteln derselben befördert.

Die andere Bedingung, die widerstandsfreie Entleerung der Lunge, konnte dagegen in dem benutzten Apparat nicht erfüllt werden, da die Wasserventile und jedenfalls auch das kleine Volumen des Athemraums der In- und Exspiration Hindernisse bieten. Um diesen Widerstand wegzuschaffen, könnte man in erster Linie daran denken die Ventile ganz zu beseitigen und die Luftröhre mittelst eines weiteren Verbindungsstückes sogleich an den Sauerstoffregulator anzufügen. Führt man diesen Gedanken aus, so tritt alsbald Dyspnoe ein, die bei Anwesenheit der Ventile nicht vorhanden war. Der Grund hierfür liegt offenbar darin, dass sich nun die Kohlensäure vor und in der Luftröhre anhäuft, theils weil die soeben ausgeathmete Luft sogleich wieder eingeathmet wird und theils, weil die ausgeathmete Luft zu weit vom Kali entfernt ist, um rasch von ihrer Kohlensäure befreit werden zu können.

Unsern gegenwärtigen Vorstellungen gemäss bewirken nun die Widerstände, welche sich der freien Bewegung der Luft entgegenwerfen, zunächst eine Verminderung der Athemzüge. Daraus folgt nun freilich noch nicht, dass auch zugleich die Ausscheidung der CO_2 beeinträchtigt werde. Denn die berühmten Versuche Vierordt's haben bekanntlich dargethan, dass innerhalb kürzerer Zeitgrenzen die Menge der ausgehauchten CO_2 nur dann in Folge einer seltener wiederkehrenden Athem-

bewegung herabgesetzt werde, wenn nicht durch eine vermehrte Tiefe der letztern der Umfang des Gasaustausches wieder ausgeglichen wurde. Da nun in dem vorliegenden Apparate die unvermeidlichen Hindernisse so klein als irgend möglich gemacht waren, so hoffte ich, es würde aus ihnen kein wesentlicher Fehler erwachsen. Dieses hat sich nun freilich nicht bestätigt.

In die Bestimmung des Sauerstoffs bringt dagegen das neue Verfahren, soweit meine Einsicht reicht, keinen principiellen Fehler hinein.

Ich theile nun sogleich die Resultate der Versuche mit, welche ich mit dem neuen Apparate ausführte. Ich gebe sie tabellarisch, da sie ihrer Einfachheit wegen keiner besonderen Erläuterung bedürfen.

	Zahl der Athmungen in 1 Min.	Verzehrter Sauerstoff in 1 M.	Ausgeschiedene Kohlensäure in 1 M.	$\frac{CO_2}{O}$	Versuchsdauer in Minuten	Bemerkungen.
I. Gewicht des Thiers 1630 Gr.						
Nach d. Trachealschnitt	77	—	—	—	—	
Nach der Verbindung mit den Ventilen	73	—	—	—	—	
Athmen in atmosph. Luft	66. 69	12.61	—	—	16	
Athmen in Sauerstoff ins Freie	83	—	—	—	—	
in den Apparat .	66. 62	11.74	5.02	0.43	16	
Athmen in atmosph. Luft	63	10.65	4.67	0.44	16	Leichte Bewegungen
II. Gew. d. Thiers 1230 Gr.						
Nach Verbindung mit den Ventilen	104	—	—	—	—	
Atmosphärische Luft .	53. 85	20.06	9.94	0.50	10	Das Einathmungsrohr tauchte gegen das Kali, das Ausathmungsrohr gegen den Sauerstoff.
Athmung in Sauerstoff ins Freie	125	—	—	—	16	
in den Apparat .	101. 85	12.25	5.02	0.41	—	Einige Bewegungen.
III. Gew. d. Thiers 1825 Gr. Vor dem Versuch mit Kohlblättern gefüttert.						
Vor dem Versuch mit den Ventilen	110	—	—	—	—	
Nach der Verbindung. .	174. 172	—	—	—	—	
Atmosphärische Luft . .	78. 69	12.85	6.80	0.49	16	Einige Bewegungen.
Athmung in Sauerstoff ins Freie	178. 169	—	—	—	—	
in den Apparat .	66. 54	16.17	—	—	14	Ruhe.

	Zahl der Athmungen in 1 Min.	Verzehrter Sauerstoff in 1 M.	Ausgeschiedene Kohlensäure in 1 M.	$\frac{CO_2}{O}$	Versuchsdauer in Minuten	Bemerkungen.
IV. Gew. d. Thiers 1330 Gr. Mit Rübe gefüttert, danach 1520 Gr.						
Nach Verbindung mit den Ventilen	36	—	—	—	—	
In atmosphärischer Luft	31 u. 36	11.59	5.53	0.48	20	
In atmosphärischer Luft	47	—	—	—	—	
Während des Tetanus. .	43. 39	14.21	7.20	0.51	18	3 Min. lang waren die beiden unteren Extremitäten durch Inductionsschläge tetanisirt.
V. Gew. d. Thiers 1395 Gr.						
Vor dem Versuch in atmosphärischer Luft .	70	—	—	—	—	
Sauerstoff ins Freie . . .	116	—	—	—	—	
in den Apparat .	81. 78	11.06	6.62	0.60	16	
ins Freie	68	—	—	—	—	
in den Apparat .	71	—	9.18	—	3½	Starke Bewegungen.
ins Freie	80	—	—	—	—	
in den Apparat .	41	—	2.09	—	—	Die aorta abdominalis abgeklemmt.

Um zu beurtheilen, welches Vertrauen die vorstehenden Versuche verdienen, wird es am besten sein, sie mit andern zu vergleichen, bei welchen das Kaninchen in freier Luft athmete.

1. Kohlensäure. Seit der ausgedehnten Versuchsreihe von Regnault und Reiset steht es für die Athmung der Grasfresser fest, dass der Sauerstoff, welchen sie mit der Kohlensäure aushauchen, nahezu gleich dem ist, welchen sie aus der Einathmungsluft eingenommen. Von dieser Regel weichen nun meine Beobachtungen sehr beträchtlich ab, wie dieses die Zahlen erkennen lassen, die im vierten Stabe der vorstehenden Tabelle eingezeichnet sind. Nur in einem Fall erreicht die Verhältnisszahl zwischen dem verschwundenen und dem wieder ausgegebenen Sauerstoff den Werth von 0,6, während sie sich in den übrigen zwischen 0,4 und 0,5 hält. Da kein Grund einzusehen ist, warum meine Beobachtungsthiere sich anders als alle übrigen Kaninchen verhalten sollten, so ist es wahrscheinlich, dass mein Verfahren, die Athemgase zu gewinnen, den Verlust herbeigeführt hat.

Unter der Voraussetzung, dass diese Annahme richtig

wäre, gibt es zwei Möglichkeiten, um den eingetretenen Verlust zu erklären. Entweder es ist im Leibe des Thieres wirklich so viel Kohlensäure gebildet worden, als es dem eingeathmeten Sauerstoff nach möglich gewesen wäre, dann würde die Kohlensäure in Folge ihrer Anhäufung im Lungenraum von dem Blute, beziehungsweise den Gewebsflüssigkeiten zurückbehalten worden sein. Diese Vorstellung wollen wir zunächst festhalten und verfolgen. Um aber den weiteren Betrachtungen eine Unterlage zu geben, will ich aus der vorstehenden Tabelle zunächst die Werthe berechnen und zusammenstellen, welche dazu nöthig sind.

Nr. des Versuchs		Körpergewicht	Während des Versuchs zurückgehaltenes Kohlensäurevolumen in CC bei 0° u. 1 M. Hg.	Volumen der CO_2 des Körpervolumen. Das spec. Gewicht des Thiers = Wasser	Zahl der Athemzüge im Apparat, die in freier Luft = 1 gesetzt.	Wirkliche Verminderung der Zahl der Athmungen in 1 Minute.
I.	1.	1630 Gr.	107 CC.	0.065	0.80 u. 0.75	17—21
	2.		96	0.059	0.76	20
II.	1.	1230	111	0.090	0.53 u. 0.82	49—19
	2.		115	0.099	0.81 u. 0.68	24—40
III.		1825	96	0.053	0.45 u. 0.41	96—103
IV.	1.	1330	121	0.091	0.86 u. 1.00	5—0
	2.		126	0.095	0.91 u. 0.83	14—8
V.		1329	52	0.039	0.70 u. 0.67	35—38

Die Zahlen, welche in der dritten Reihe stehen, sind natürlich unter der Voraussetzung berechnet, dass der aufgenommene Sauerstoff einzig und allein zur Bildung von Kohlensäure verwendet sei, alle übrigen Angaben der Tabelle sind an und für sich verständlich.

Die vorstehenden Zahlen führen nun zu folgenden Erörterungen.

Zunächst ist es auffallend, dass eine so grosse Menge von CO_2 zurückgehalten sein soll. Bei dem bekannten Verhalten des Bluts gegen die CO_2 und in Anbetracht der geringen Blutmenge des Kaninchens kann es keinem Zweifel unterliegen, dass das CO_2quantum, dessen Absorption wir unterstellen, nicht bloss vom Blut, sondern auch von allen andern Körperbestandtheilen beherbergt worden sei. — Ein Anwachsen des

CO_2gehaltes in dem Thierleibe bis zu 10 Procent seines Umfangs und dazu noch in so kurzer Zeit würde, wie ich glaube, unsere ganze Annahme sehr unwahrscheinlich machen, wenn wir nicht schon aus den Versuchen von W. Müller wüssten, dass sich ein Kaninchen bis zu 50 Prozent seines Volumens mit CO_2 von 0^0 und 1 Met. Hg. und zwar in kurzer Zeit schwängern kann, und dass das Thier, bevor sein Körper diesen CO_2gehalt erreicht, keine merklichen Zeichen von Vergiftung darbietet. Nach diesen Erfahrungen gehört der erste der logisch möglichen Erklärungsversuche allerdings nicht mehr zu den factisch unmöglichen.

Folgt man also der Anhäufungshypothese, so würde sich durch ihre Zusammenstellung mit anderen mehr oder weniger beglaubigten Vorstellungen noch Einiges andere ergeben. — Die CO_2, welche zurückgehalten wird, kann nicht frei sein, sondern sie muss im gebundenen Zustande verharren; denn ohne dieses wäre es unerklärlich, warum sie, die doch ein Dyspnoe erzeugendes Mittel sein soll, die Athembewegung nicht alsbald soweit steigerte, dass sich die normale Ventilation wiederherstellte. Wollte man aber, wie es bekanntlich geschieht, die bewegungsanregende Eigenschaft der CO_2 nicht gelten lassen, so würde man das genannte Gas dennoch als gebunden betrachten müssen, weil sich trotz jener Ansammlung die Spannung desselben nicht wesentlich gemehrt hat. Wäre dieses geschehen, so hätte die Ausathmungsluft alsbald ihren CO_2gehalt soweit vergrössern müssen, dass hierdurch trotz des verminderten Volums der Exspiration das Gleichgewicht zwischen Ausscheidung und Entstehung der CO_2 wieder hergestellt würde. Ein solches Gleichgewicht stellt sich bekanntlich schliesslich immer her, wenn die Aushauchung der CO_2 innerhalb gewisser Grenzen gehemmt wird. Hierfür sprechen ebensowohl die Versuche von Valentin mit Durchschneidung beider nervi vagi, als auch die von Regnault und Reiset, in welchen die Thiere in einer Luft athmeten, die mehre Prozente CO_2 enthielt. Obwohl die Ausscheidung der CO_2 in dem erstern Fall durch die Minderung der Athemzüge gehemmt wurde und in dem zweiten durch den Gegendruck des CO_2antheils der Atmosphäre, so war doch in beiden allmählig das Verhältniss zwischen aufgenommenen O und ausgeschiedener CO_2 das normale geworden.

Dafür, dass die angehäufte CO_2 durch irgend welchen

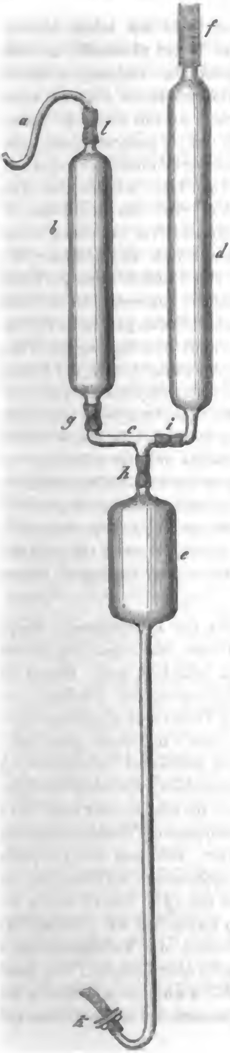
Absorbenten gebunden wird, spricht endlich der Umstand, dass eine so grosse Menge von CO_2 zurückgehalten wurde, trotzdem dass die Athemzüge noch so häufig waren. So wurden z. B. in den Beob. II zwischen 85 und 100 Athemzüge in der Minute ausgeführt und dennoch ward weniger als die Hälfte der CO_2 ausgehaucht, als man nach dem eingenommenen Sauerstoff hätte erwarten sollen. Wie wäre es möglich dieses Ergebniss ohne ein Bindungsmittel der CO_2 zu erklären?

Aus dieser kurzen Andeutung wird man, wie ich glaube, ersehen, dass durch die mitgetheilten Versuche neue Fragen über den Mechanismus der CO_2abscheidung angeregt sind und dass sich der einfachsten Annahme immerhin noch Schwierigkeiten genug entgegensetzen, um den andern Erklärungsgrund meiner Resultate als vollkommen beseitigt anzusehen. In der That muss man noch immer auf die Möglichkeit gefasst sein, dass bei gehemmter Ausscheidung der CO_2 innerhalb gewisser Grenzen auch ihre Entstehung gehemmt werde.

2. Sauerstoff. Mit der Bestimmung dieses Gases steht es, soweit ich vergleichen konnte, besser als mit derjenigen der Kohlensäure. Die Zahlen, die ich für ein Kilo Thier gefunden, schliessen sich denjenigen anderer Beobachter an; der Grund hierfür mag darin gelegen sein, dass die Sauerstoffaufnahme in geringerem Grade vom äusseren Druck dieses Gases beeinflusst wird, als der Austausch der Kohlensäure. Bestätigte sich bei weiteren Untersuchungen dieses Ergebniss, so würde die neue Methode schon aus diesem Grunde eine werthvollere Bereicherung unserer Hilfsmittel abgeben.

Eine bis zu den Einzelnheiten herabsteigende Beschreibung des von mir angewendeten Apparats und seines Gebrauchs unterlasse ich; da der meine mit Ausnahme des Sauerstoffregulators nur aus Glasgefässen zusammengesetzt war, wie sie sich in jedem Laboratorium finden, so war er natürlich kein mustergiltiger und verdient darum keine besondere Beschreibung. Jeder in Gasuntersuchungen nur einigermassen Geübte wird die hier nöthigen Einrichtungen leicht treffen können.

Dagegen halte ich es für angemessen, die von mir in Anwendung gezogene CO_2 bestimmung genauer zu beschreiben. — Die physiologischen Bedingungen des Versuchs liessen es mir nothwendig erscheinen eine conzentrirte Kalilösung als Absorbent der Kohlensäure in Anwendung zu bringen. Zu dem Ende bereitete ich mir eine conzentrirte Kalilauge aus reinem kohlensauren Kali, hob dieselbe mit Anwendung bekannter Vor-



sichtsmassregeln sorgfältig auf und ermittelte in einem gegebenen Gewicht derselben den Kohlensäuregehalt. Von dieser Lösung brachte ich eine genau abgewogene Menge unmittelbar vor dem Versuch in das Athmungsrohr und bestimmte nachträglich aus der ganzen in Anwendung gezogenen Kaliflüssigkeit abermals die Kohlensäure. Offenbar wäre es fehlerhaft gewesen, nur einen Theil der Kalilauge, welche nach dem Versuche vorhanden war, zur Kohlensäurebestimmung zu benutzen; denn es musste sich das Volumen der Kalilösung durch das Wasser beträchtlich vermehrt haben, welches dieselbe aus der Athmungsluft und aus dem feuchten Sauerstoff des Ersatzgefässes verdichtet hatte. Dieser Umstand, verbunden mit der bekannten Erfahrung, dass die Kohlensäurebestimmung der Kalilösung durch Gewichtsanalyse zu keiner grossen Genauigkeit führe, bewogen mich, die Kohlensäure volumenometrisch zu bestimmen; die etwas grössere Mühe, die mit dieser Bestimmungsweise verbunden war, übernahm ich gern, weil es ja vor Allem darauf ankommen musste, zu ermitteln, bis zu welchem Grad von Genauigkeit die Bestimmung der exspirirten Kohlensäure durch den neuen Apparat gefunden werden konnte. Die Einrichtung, mittelst welcher ich die Kohlensäurevolumina ausmittelte, war eine Modification der Ludwig'schen Gaspumpe. Ich gebe hier eine kurze Beschreibung derselben.

In der neuen Gestalt besteht die Gaspumpe (s. Holzschn.) ebenfalls aus einer Gabel, die auf einem langen Stiel sitzt; sie ist zusammengesetzt aus fünf Stücken, welche durch luftdichten Kautschuk luftdicht mit einander verbunden sind. Das Stück (*b*) trägt an seinem oberen engen Theil die feine umgebogene Röhre (*a*), welche in ein nebenstehendes Quecksilber-

gefäss eingetaucht werden kann. Das Stück (*b*) steht mit seiner unteren Verengerung, welche übrigens die oberen an Weite übertrifft, an dem Tförmigen Röhrenstück (*c*). Der andere horizontal liegende Schenkel dieses Tförmigen Stücks ist nicht wie der ebenerwähnte nach aufwärts gebogen, sondern läuft einfach horizontal weiter, an ihn stösst die Röhre (*d*), welche sich ihrer Form nach nur dadurch von (*b*) unterscheidet, dass ihr unterer verengter Ansatz unter einem stumpfen Winkel gebogen ist. Der senkrechte Schenkel von *c* geht gegen den Stiel, welcher bei *e* zu einer Kugel aufgeblasen ist, deren Räumlichkeit etwa der des Rohrs (*b*) gleichkommt. Der lange von der Kugel ausgehende Stiel ist unten etwas umgebogen und kann ebenso durch einen Kautschuk und Klemme verschlossen werden, wie die freien Mündungen von *b* und *d*. Um die Kugel *e* ist ein nicht gezeichnetes Blechgefäss wasserdicht angesetzt, in welchem durch eine untergeschobene Lampe Wasser zum Sieden gebracht werden kann. — Bei Benutzung dieses Werkzeugs kommt nun Folgendes in Betracht: Um die gesammte Kalimenge aus dem Athemapparat in die Pumpe überzuführen, ist es am einfachsten ein Stück der letztern als Absorptionsrohre beim Athmen zu benutzen; — hiezu wird dann am besten das Stück *b* verwendet. Ausser dieser ersten Bedingung sind noch folgende andere zu erfüllen; es muss das Quecksilber des Apparats und die Kalilauge von aller anhängenden und absorbirten atmosphärischen Luft befreit werden; ist dieses geschehen, so muss man die nothwendige Menge SO_3 in den Apparat bringen können, ohne ihren Inhalt wieder mit Luft zu verunreinigen, und endlich muss das Gemisch aus Kali und Säure so lange in der Kälte und Wärme ausgekocht und der leere Raum über ihm so oft erneut werden, bis kein Gas mehr zu gewinnen ist.

Hiezu dient nun die nachstehende Reihe von Operationen. Bevor das Stück *b* an die Quecksilberzunge gesetzt wird füllt man den ganzen Apparat mit Quecksilber und entfernt aus ihm jede Luft aus. Dieses ist zu erreichen, weil man durch passendes Schliessen der Klemmen bei *f*. *g*. *h* und Oeffnen von *k* in jedem einzelnen Theile des Apparats einen luftleeren Raum erzeugen kann, in welchen die Luftblasen aufsteigen, die in dem Quecksilber enthalten sind. Ist dies geschehen, so wird durch die Oeffnung *f* das fehlende Quecksilber nachgegossen, nachdem man zuvor die Klemme bei *g* und *i* geschlossen hat. Hierauf nimmt man bei *g* den Kautschuk ab und setzt an seine Stelle denjenigen, welcher mit dem Kalirohr in Verbindung ist, mit anderen Worten, man fügt das bis dahin am Athemapparate befindliche und zuvor geschlossene Kalirohr an die Pumpe. Alsdann schliesst man die Klemme bei (*g*), steckt einen mit Quecksilber gefüllten Trichter luftdicht in den Kautschuk bei *f*, öffnet nun vorsichtig die Klemme bei *g* und treibt hierdurch die Kaliflüssigkeit in dem Schenkel *b* soweit empor, bis sie in seinem obern engen Theil angelangt ist; alsdann schliesst man die Klemme bei *a* und bei *g*, öffnet *h* und *k* und lässt durch *k* so lange Quecksilber ausfliessen, bis sämmtliches Kali

in die Kugel *e* getreten ist. Erwärmt man nun jetzt das Wasser in dem Blechgefäss um *e*, so kocht alle Luft, welche das Kali enthält, in den drüberstehenden luftleeren Raum *b* ab. Nachdem man das Kochen 15 Minuten hindurch fortgesetzt hat, schliesst man *h*, öffnet *f* und lässt aus dem aufgesetzten Trichter durch *d* hindurch so lange Quecksilber nach *b* fliessen; zugleich öffnet man die Klemme *l* und treibt durch diese Oeffnung die in *b* enthaltene Luft aus. Dann schliesst man *f* und *l*, öffnet *k* und *h*, erzeugt von Neuem den luftleeren Raum, kocht abermals das Kali, schliesst dann wiederum *k* und *k*, öffnet *g* und treibt bei verschlossenem *l* Quecksilber in *b*; bleibt jetzt, nach dem sich *b* mit Quecksilber gefüllt hat, keine Luftblase mehr übrig, so ist die Kalilauge von ihrer atmosphärischen Luft befreit. Wenn dieses nach der zweiten oder dritten Operation bewerkstelligt ist, so lässt man die Kalilauge in das Rohr *b* aufsteigen, was einfach dadurch geschieht, dass man die Klemme *g* und *h* öffnet und *i* schliesst, in Folge dessen sich das Quecksilber gegen das Kali austauscht; nun schliesst man *g* und setzt auf *f* einen mit verdünnter und ausgekochter Schwefelsäure gefüllten Trichter. Werden nun *n* *i*. *k* geöffnet, so fliesst die Säure hinter dem Quecksilber in *d* ein; während noch die Säure fliesst, klemmt man erst *k* und dann *i* und endlich *f* ab. Dann setzt man das mit Quecksilber gefüllte Röhrchen *a* bei *l* ein und taucht sein freies Ende unter eine mit Quecksilber gefüllte Messglocke; alsdann lässt man durch Oeffnen der entsprechenden Klemmen das Kali in die Kugel fliessen, so dass in *b* ein luftleerer Raum entsteht, füllt wieder etwas Quecksilber durch *d* in *b* ein und neigt in dem Gelenke *i* das Stück soweit nach abwärts, dass die Säure in *b* aufsteigt, schliesst *g*, öffnet *i*, wobei die Klemme *h* geschlossen bleibt. In Folge hievon kommt die Säure mit Kali in Berührung; die hierbei sich entwickelnde Kohlensäure lässt man sogleich durch das geöffnete *l* in die Messglocke übersteigen. Nachdem die Gasentwickelung in der Kälte nicht weiter fortschreitet, erwärmt man das Gemenge von Kali und Säure in *e* und treibt so oft durch den wieder aufgerichteten Schenkel *d* mit Hilfe von eingegossenem Quecksilber das Gas aufwärts, als sich noch eine Spur desselben aus der Kalilauge entwickeln lässt. Die in die Messglocke übergetretene Gasmenge kann man dort unter bekannten Vorsichtsmassregeln ablesen und durch Kali auf ihre Reinheit prüfen. Diese Bestimmung der Kohlensäure ist sehr genau, wovon ich mich durch zahlreiche Versuche mit krystallisirtem kohlensaurem Natron überzeugt habe. Besonders mache ich jedoch darauf aufmerksam, dass das Kali keine salpetersauren Salze enthalten darf, weil sich unter diesen Umständen Stickoxyd bildet, wodurch die Menge der gefundenen Kohlensäure zu gross ausfällt. Ich brauche kaum hinzuzufügen, dass meine Angaben über die Art und Weise, wie der beschriebene CO_2 apparat benutzt werden soll, nur auf diejenigen berechnet ist, welche mit den gasanalytischen Methoden vertraut sind.

Über Aufsaugung und Absonderung der Pleurawand.

Von

Dr. Dybkowsky.

(Mit einer Tafel in Farbendruck.)

Zur Anatomie der Pleura. Die anatomischen Schriftsteller glaubten bis dahin ein genügendes Bild von dem Bau der Pleura entworfen zu haben, wenn sie angaben, sie sei eine Bindegewebshaut, welche von Blut- und Lymphgefässen durchzogen und mit einem Platten-Epithelium bedeckt sei. So richtig diese Beschreibung ist, so wenig reicht sie aus. Hiervon musste ich mich überzeugen, als ich im Interesse der physiologischen Forschung die Pleura einer anatomischen Untersuchung unterwarf. Ich würde dieselbe nicht bis zu dem Puncte, bis zu welchem ich wirklich gelangt bin, geführt haben, wenn mir dabei die Unterstützung des Herrn Prof. Ludwig gefehlt hätte.

Nach den Ergebnissen, die ich später im Einzelnen schildern werde, sind die Blätter des Mittelfells ihrem Bau nach wesentlich verschieden von der Pleura der Brustwand, und die letztere ist wesentlich anders gebaut auf den Flächen, welche Muskeln und denen, welche die Knochenhaut überkleiden. Um die Beschreibung und das Verständniss des Baues zu erleichtern, will ich gleich eine Übersicht von der Structur der Intercostalpleura vorausschicken.

Sie besteht von der Pleurahöhle an gerechnet aus einem einschichtigen Epithelium, welches vielleicht zwei verschiedene Zellengattungen enthält. Zwischen den einzelnen Zellen dieser Deckhaut bleiben kleine Öffnungen, welche schon von v. Recklinghausen und Oedmansson erwähnt wurden; durch diese steht die Pleurahöhle mit den oberflächlichsten

Lymphgefässen in Verbindung. Unter dem Epithelium breitet sich eine sogenannte Grundhaut aus, welche aus zarten Bindegewebsträngen zu einem engmaschigen und zierlichen Netzwerk verflochten ist. Die Balken dieses Netzes sind von Zellen überzogen, welche sich unmittelbar in die aus Zellen hergestellten Wandungen der Lymphgefässanfänge anlehnen. Die Lymphgefässe ordnen sich zu Netzen an, die in einer doppelten Schicht liegen. Die oberflächlichste füllt die Lücken zwischen der Grundhaut aus und ihre Lichtungen sind von der Pleurahöhle nur durch das Epithelium getrennt. Nach der Muskelseite hin ruht das oberflächliche Lymphgefässnetz auf einer Schicht lockigen Bindegewebes, dessen Bündel parallel mit der Pleuraebene laufen. Jenseits dieses Bündels folgt nun die tiefere Lage von Lymphgefässnetzen; sie sind mit der oberflächlichen vielfach verbunden. Die Haut dieser Gefässe besteht wiederum aus Zellen. Noch weiter nach aussen folgt dann eine mehr oder weniger dichte Lage von Bindegewebe, welche in die fascia intercostalis übergeht. Die bis dahin geschilderten Gewebstücke werden in verschiedenen Höhen durchzogen von den weitmaschigen Netzen der Blutcapillaren. Im Wesentlichen begleiten die letztern die Lymphwege, wobei sie jedoch neben, niemals in der Lichtung der Lymphgefässe laufen. Ich gehe nun zu einer ausführlicheren Beschreibung der einzelnen Theile über.

a) Lymphgefässe. Den Verlauf dieser Gefässe habe ich an Injectionspräparaten studirt. Zur Darstellung derselben eignet sich vorzugsweise folgendes Verfahren:

Von der Leiche eines grösseren eben getödteten Hundes ziehe man die Brusthaut ab und entferne die obere Extremität sammt dem Schulterblatt. Darauf schneide man sich, wenn man z. B. auf der linken Seite injiciren will, die Rippenknorpel der rechten Seite durch und dann in der Nähe der Wirbelsäule die Rippen der linken Brust und endlich alle übrigen Weichtheile. An dem abgenommenen Wandstück präpariret man sich ein Fenster von etwa einem Zoll Länge durch Wegnahme der entsprechenden Stücke beider Intercostalmuskeln, jedoch so, dass Fascia und Pleura auf dem Grunde dieses Fensters unverletzt bleiben. In die durch den Muskelausschnitt entstandene Vertiefung giesst man einige Tropfen Eiweisslösung, und hebt die Fascia mit der Pinzette in der Nähe des vorderen Mus-

kelrandes vorsichtig empor. An der Stelle, wo man die Fascia emporgehoben, bohrt man sich darauf, mit einer gestielten und gekrümmten Sonde, die etwa die Dicke einer feinern Stopfnadel hat, eine Öffnung, bis möglichst nahe an die innere Oberfläche der Pleura. Diese letztere darf auf keinen Fall durchbrochen werden. Nachdem man die Sonde entfernt, hält man mit der Pinzette den Stichcanal offen und führt in ihn die feine schräg abgeschnittene, und wieder glatt geschliffene Spitze der Canülle eines Spritzchens von Pravatz ein. Dieses leichte Spritzchen muss schon die Injectionsmasse enthalten. Ist die Canülle eingesteckt, so klemmt man zwischen Daumen und Zeigefinger die Gewebsmassen von innen und von aussen an die Canülle an und drückt nun sanft den Stempel der Spritze vorwärts. An einem grossen Bruststück wird man öfter einen Gehilfen brauchen, da man begreiflich nicht im Stande ist, über den hintern Rand des Präparats her den Daumen derselben Hand bis zur Stichöffnung zu führen, mit deren Zeigefinger man das Fascialblatt an die Canülle drückt. Dieses gilt um so mehr, weil es rathsam ist, den Einstich höchstens einige Zoll entfernt vom knorplichen Rippenende anzubringen. Die Richtung, in welche man spritzt, wählt man am besten so, dass die Canüllenspritze nach dem Brustbein hinsieht. Verfährt man genau nach dieser Vorschrift und wendet man eine dünnflüssige Injectionsmasse z. B. eine bei gewöhnlicher Temperatur langsam gerinnende gefärbte Leimlösung, oder eine verdünnte Lösung von Kochsalz an, in dem ein sehr feiner Niederschlag von Berlinerblau schwebt, so wird man in der Regel mit Erfolg arbeiten. — Will man sich begnügen mit dem Anblick der Lymphgefässnetze, welche in der Pleura über dem starken musc. sternocostalis enthalten sind, so kann man auch einfacher so verfahren, dass man das schräg abgeschnittene Ende der feinen Stahlcanülle ganz oberflächlich von innen her unter die Pleura führt, und die Mündung des Stichcanals um die Canülle mit den Fingern zuklemmt. Andere zahlreiche Versuche, deren Beschreibung ich hier unterlasse, haben mir keine so sicheren Ergebnisse geliefert, als die eben beschriebenen Handgriffe. Überhaupt führen aber nur die Verfahrungsarten zum Ziel, bei welchen das Injectionsröhrchen die Masse von vorneherein in den Raum bringt, in welchen die Lymphgefässe selbst verlaufen. Gelangt sie ursprünglich zwischen die Fascia

und die Lymphgefässe, so werden die letzteren alsbald zugedrückt; ist dies geschehen, so kann man im günstigsten Falle wohl ein grösseres Lymphstämmchen füllen, niemals aber ein Endnetz.

Die Endnetze der Lymphgefässe sind aus einem Röhrensystem dargestellt, das mancherlei Analogien mit demjenigen bietet, welches nach Auerbach zwischen den Muskeln des Darmrohrs läuft und das auch mit dem vielfache Ähnlichkeit hat, welches nach Tomsa und Ludwig in der Serosa des Hodens vorkommt. Die Wandungen desselben sind aus den Zellen zusammengesetzt, welche, wie wir seit v. Recklinghausen wissen, die Lymphcapillaren umgrenzen. Das Lumen der oberflächlichen Lage von Lymphcapillaren steht auf eine Weise, die ich noch weiter beschreiben werde, mit der Pleurahöhle in Verbindung. Mit Ausnahme dieser Communication öffnet sich die Lymphcapillare nur gegen die Lymphstämme, nirgends aber steht sie mit den Spalträumen des Bindegewebes, den sogenannten Saftcanälchen, in Communication. Auf diesen letzteren Punct habe ich ganz vorzugsweise meine Aufmerksamkeit gerichtet und alle Beweismittel, die mir zu Gebote standen, erschöpft.

Hierher rechne ich zunächst die mikroskopische Untersuchung von injicirten Pleurastücken. Entfernt man an solchen von der äusseren Fläche her alles Bindegewebe und macht dasselbe durch die bekannten Methoden durchsichtig, so ist ein solches Präparat hohen Vergrösserungen zugänglich. Diese lassen dann durchweg eine scharfe Begrenzung der Lymphgefässe erkennen. Wenn die Injection die Netze bis zu einer Entfernung mehrer Zolle und darüber von dem Einstich aus erfüllt hatte, so blieben dennoch die Ränder der Gefässe vollkommen scharf. Aus diesen sehr häufig wiederholten Erfahrungen geht mit Sicherheit hervor, dass in den Wandungen der sogenannten Lymphcapillaren keine Spalten vorhanden sind, durch welche eine Inhaltsportion nach aussen dringen könnte.

Aber auch auf dem umgekehrten Wege gelingt es nicht Spalten darzustellen. Ich habe auf die verschiedenste Weise in die Bindegewebsgrundlage der Pleura Flüssigkeit eintreten lassen, niemals gelangte die Flüssigkeit in die Lymphnetze. Injicirte ich Blutgefässe mit dünnflüssigen Massen bis zum Bersten der Capillaren, so drangen die suspendirten festen Theilchen

nur in den Spalten des Bindegewebes vorwärts und das Wasser filtrirte in die Pleurahöhle. Denselben Erfolg begleiteten die Extravasate, welche bei den häufigen vergebenen Versuchen Lymphgefässe zu injiciren eintreten. Steckt man die Canülle einer Spritze durch die Pleura bis zur fascia intercostalis, und injicirt in diesen Raum Wasser mit darin schwebenden Körnern des blauen Niederschlags oder eine Lösung von Kochsalz oder von Kupfervitriol oder Glycerin, so filtrirt immer die Flüssigkeit auf der inneren Pleurafläche ab, niemals aber stellen sich die Lymphnetze dar. Der Erfolg dieser letzteren Versuchsart ist darum auffallend, weil man doch jedenfalls hätte erwarten sollen, dass sich die Lymphgefässnetze unter dem Druck der durchsickernden Flüssigkeit gefüllt hätten. Um von der äusseren Fläche der Pleura auf die innere zu gelangen, musste die Flüssigkeit die Höhle der Lymphcapillaren durchsetzen und einmal in der letzteren angelangt hätte man erwarten sollen, dass sie leichter in der widerstandslosen Lichtung des Gefässes fortgeschritten wäre, als statt dessen durch die entgegengesetzte Wand durchzudringen. Da nun aber das Unerwartete ausnahmslos geschah, so wird man schliessen müssen, dass sich in Folge des äussern Drucks die Lymphwandungen innig auseinandergelegt haben und dass in Folge der grossen Durchdringlichkeit die Flüssigkeit in einem Zug beide Wandflächen durchsetzt habe.

Wollte man einwenden, so seien bei den künstlichen Extravasaten auch die Öffnungen zugepresst worden, durch welche die Lichtung der Lymphröhren mit den Bindegewebsräumen verbunden wären, so würde ein solcher Einwurf eine andere Reihe von Beobachtungen nicht treffen, auf welche ich später ausführlicher zurückkommen werde. Es ist mir nämlich gelungen, auf dem Wege der lebendigen Resorption die schon erwähnten Lymphnetze mit sehr feinkörnigen Farbstoffen verschiedener Art zu füllen, dieses gelingt, wie ich zeigen werde, nur dann, wenn die Pleura durch einen doppelseitigen Zug ihrer Dicke nach auseinandergespannt wird. In diesem Fall müssten also die angenommenen Spaltöffnungen bis zum Klaffen auseinandergezogen werden, aber auch hier habe ich trotz der genauesten Untersuchung niemals eine Lymphspalte nachweisen können.

Diesen Erfahrungen entsprechend müssen, wie ich glaube, die Figuren, welche man nach der Silberimprägnation auch

an der Hundepleura zu Gesicht bekommt, eine andere Deutung erfahren. Welche, lasse ich dahingestellt. Die Methode von v. Recklinghausen ist unschätzbar vom heuristischen Gesichtspuncte aus, denn sie deckt Unterschiede der Structuren und Zusammensetzungen auf, die auf einem anderen Wege entweder nur schwierig oder gar nicht zu erlangen sind. Den Grund jener Unterschiede lässt sie dagegen sehr oft im Dunkeln. Gegen die Deutung der hellen mit ausgezackten und strahligen Fortsätzen versehenen Figuren als Lymphspalten scheinen mir ausser dem obigen auch noch andere Befunde zu sprechen. Versilberte ich die durchsichtigen Blätter des Mittelfelles, so sah ich jene Figuren auch an Stellen auftreten, denen alle Lymphgefässe fehlen. Die weissgebliebenen Flecken zeigten zudem gar keine Beziehung zu dem Verlauf der deutlich sichtbaren Bündel und Fasern des Gewebes. Hätte man die weissen Stellen als Lücken zwischen den Bindegewebsbündeln oder den elastischen Fasern auffassen wollen, so müsste man dem Anschein zuwider annehmen, dass sich Fasern und Bündel senkrecht gegen ihre Flächen von einem Blatt zum andern erstreckt hätten. Eine solche Annahme war aber in den vorliegenden Fällen unstatthaft, da sich durch die weissen Flecken die Faserzüge hindurchschlängeln, welche in einer zu den Blättern des Mediastinum parallelen Ebene verlaufen.

Das topographische Verhalten der Lymphgefässe in der pleura costalis habe ich in den Figuren 1 bis 5 wiedergegeben. Figur 1 stellt ein Stück der von den Rippen lospräparirten pleura costalis sammt dem darunter liegenden musc. sternocostalis vor, die Intercostalmuskeln sind bis auf wenige Fasern entfernt. Die Figur hat die natürliche Grösse. Die Lymphgefässe sind blau ausgespritzt, sie erstrecken sich, wie man sieht, nur auf den Intercostalraum, während die Pleura, welche die Rippen selbst bedeckt, keine Lymphnetze enthält. Diese erstrecken sich dagegen auch über den Sternocostalis. Weitaus die meisten Capillargefässe sind mit blossem Auge sichtbar; sie entleeren sich in kleine klappentragende Stämmchen, welche der oberen und unteren Rippe des Raums entlang laufen. Zuweilen verbinden sich die Stämme, welche die beiden Ränder ein und derselben Rippe umgrenzen, durch einen stärkeren Ast. Sind die grösseren Stämmchen an dem musc. sternocostalis angelangt, so dringen sie in die Tiefe unter den Muskel und gehen,

in dem daselbst befindlichen Bindegewebe bis zu dem grössern Lymphgefässe, welches die art. mammaria begleitet. Ausser diesem Abfluss haben die Lymphgefässe der Intercostalräume noch einen zweiten, welcher der Wirbelsäule entlang läuft.

Bevor ich auf eine weitere Beschreibung der dargestellten Lymphnetze übergehe, will ich noch hervorheben, dass ich mich auch auf andere als die bisher angegebene Weise von ihrer Abwesenheit in der Rippenpleura überzeugt habe. Treibt man eine dünnflüssige gefärbte Masse durch einen Einstich in den verschiedensten Tiefen und Richtungen in die Pleura ein, welche das Periost deckt, so dringt jedesmal die Masse zuerst in feinen Spalten vorwärts, die sich nach der Länge der Rippe hin erstrecken. Allmählig fliessen die feinen aber noch dem blossen Auge erkennbaren Streifen zu unregelmässigen Massen zusammen, so dass nun die ursprünglich glatte Pleurafläche höckerig emporgehoben wird. Bei fortgesetztem wenn auch schwachem Einspritzen gelangt dann die Masse in die Scheide der nerv. und art. intercostales. Ist dies geschehen, so füllt sich plötzlich auch eins der dort vorhandenen Lymphgefässe, öfter auch eins der Röhrchen, welche quer über die Rippe hinziehen. Dieses Resultat, welches ich in vielen Fällen ausnahmslos erhielt, zeigt deutlich, dass auf der Pleura über dem Periost keine Netze vorkommen können. Sollten hier capillare Lymphwege bestehen, so müssten sie in den Spalträumen des Bindegewebes gesucht werden, ihr Abfluss geschähe in die schon beschriebenen Lymphstämmchen. Zu dieser Annahme wird man aber, wie mir scheint, noch keineswegs durch die Anfüllung einzelner Lymphstämmchen genöthigt, da diese auch auf dem Wege der Zerreissung geschehen sein kann.

Ich kehre nun zu den Lymphnetzen über den Muskelflächen zurück. Betrachtet man dieselben mit einer Lupenvergrösserung, so erhält man Bilder gleich denen, wie sie die Figur 2 wiedergibt. An ihr bemerkt man, dass die Pleura fast vollkommen von Lymphgefässen überdeckt wird, indem die Räume, welche nach dem Abzug derselben übrig bleiben, jedenfalls nur einen kleinen Theil der gesammten Oberfläche ausmachen. Auch erkennt man, dass die Gefässe im Grossen und Ganzen nach zwei Richtungen hin ziehen, nämlich parallel und senkrecht zur Längenaxe der Rippe. Zu gleicher Zeit ist es

ersichtlich, dass die Gefässnetze in verschiedenen Tiefen laufen, das eine ist oberflächlicher, das andere den Muskeln näher.

Dieser Unterschied in der Lage tritt deutlicher hervor auf einem Querschnitt durch die Pleura. Solche Querschnitte sind nach einer dreihundertfachen Vergrösserung in den Figuren 3, 4, 5 abgebildet. Sie sind aus Präparaten genommen die in chromsaurem Kali und Alkohol gehärtet waren. Figur 3 ist einem Intercostalraum, Figur 4 und 5 der Oberfläche des musc. sternocostalis entnommen. In Figur 3 wölbt sich die freie Haut der oberflächlichen Lage stark hervor. Zwischen den einzelnen Gefässen derselben liegen die Bälkchen der Grundhaut. Die tiefere Lage, liegt von der oberflächlichen durch einen starken Bindegewebszug getrennt. Die Gefässe beider Netze stehen in vielfacher Communication. Die Mannichfaltigkeit dieser Verbindungszweige prägt sich namentlich deutlich in Figur 4 und 5 aus. Die Pleura über dem musc. sternocostalis ist nämlich viel dünner und namentlich ist die Bindegewebslage zwischen den beiden Netzformationen schwächer.

In den Blättern des Mittelfells sind ausser den Stämmen, die aus dem Herzen in das Zwerchfell hereindringen, nur da Lymphgefässe vorhanden, wo sich Fettgewebe zwischen dieselben einschiebt. An andern Orten habe ich auf keine Weise Lymphgefässe sichtbar machen können.

b) Das Epithelium. Zur Darstellung des Epitheliums habe ich die gebräuchlichen Methoden in Anwendung gezogen, wie namentlich eine 24stündige Maceration in Jodserum, das Versilbern von frischen oder mit Jodserum behandelten Pleurastücken; die Erhärtung in Chromsäure (0,25 p. C.) und nachträgliches Carminisiren von Epithelialstücken, die mit sammt der Grundhaut sorgfältig abgelöst waren; endlich auch auf feinen Querschnitten durch die erhärtete Pleura.

Die Erfahrungen, die ich gemacht, sind dargestellt in den Figuren 6, 7 und 8, welche sich auf die Intercostalpleura beziehen, und in 9 und 10, welche dem Mittelfell entnommen sind.

Die von der Intercostalpleura isolirten Epithelialstücke bestehen vorzugsweise aus den bekannten Zellen, wie sie Figur 6 wiedergibt. Öfter findet sich aber auch eine kleinere kreisförmig conturirte Zellengattung, wie sie in Figur 7 gezeichnet wurde. Diese beiden Zellengattungen, die vieleckige und die runde, grenzen, wie dies Figur 7 sehen lässt, unmittelbar an

einander. Ich habe mich wiederholt bemüht, zu ermitteln, ob der einen oder anderen Form ein bestimmter Standort zukomme, jedoch ohne Erfolg. So lange aber hierüber noch Ungewissheit besteht, wird man zu zweifeln berechtigt sein, ob nicht etwa die scheibenförmigen Zellen von andern Standorten als der Pleuraoberfläche herrühren.

Die Frage, ob das Epithelium einen vollständigen Abschluss biete oder ob zwischen den Zellen Öffnungen bleiben, hat mich andauernd beschäftigt. Ich glaube mich schliesslich mit Sicherheit davon überzeugt zu haben, dass kleine Öffnungen zwischen den Epithelzellen existiren. Zu dieser Meinung bestimmt mich zunächst das Aussehen grösserer oder kleinerer Epithelialstücke, welche nach vorgängiger Maceration in Jodserum durch Abschaben isolirt wurden. Wenn die Pleura vor dem Abschaben versilbert war, so gewahrte man (4. 6.) nicht blos die zweideutigen dunkeln Anschwellungen in den schwarzen Grenzlinien derselben, sondern man sah in den schwarzen Flecken helle Puncte. War das Präparat aus einer Pleura genommen, deren Lymphgefässe vorgängig injicirt waren, so hafteten zwischen den Zellen eines in grösserer Ausdehnung isolirten Epithelialstücks noch die gefärbten Leimpartikeln. Untersuchte man ein solches Präparat mit der Hartnack'schen Tauchlinse 10, so konnte man deutlich die obere und untere Mündung einstellen, welche die trichterförmige Öffnung zwischen den Epithelialzellen besitzt. Um dem Verdacht zu entgehen, als ob die feinen Öffnungen durch das etwas rohe Verfahren des Abschabens entstanden seien, habe ich das Epithelium auch in Verbindung mit der Grundhaut dargestellt und zwar aus Pleuren, deren Lymphgefässe mit blauem Leim injicirt und in verdünnter Chromsäure sorgfältig gehärtet waren. Solche Darstellungen lieferten dieselben Bilder wie früher. Zu ganz dem nämlichen Ergebnisse führen noch Querschnitte durch die injicirten und erhärteten Pleuren, man sieht (Fig. 8) aus dem grossen blauen Raum des Lymphgefässes gefärbte Zapfen zwischen den Zellen bis auf die Oberfläche der Pleura aufsteigen.

In dem, was mich die anatomische Untersuchung lehrte, hat mich die physiologische weiter bestärkt. Auf dem Wege der natürlichen Resorption kann man die Lymphnetze der Pleura mit feinkörnigen Massen ebenfalls anfüllen. Später werde ich genauer auf die Bedingungen zurückkommen, welche zum Ge-

lingen der Resorption von feinen Körnern nothwendig sind. Hier nur so viel, dass ich die älteren Angaben von **Mascagni** und **Lauth**, welche später so oft bestritten wurden, bestätigen kann. Der Grund, warum es so vielen Beobachtern nicht gelang, die Erfahrungen der genannten Anatomen zu bestätigen, liegt, wie schon erwähnt, darin, dass nur unter gewissen Bedingungen durch die Öffnungen in der Pleura feste Körperchen hindurchgehen. Sind jene erfüllt, so werden sie sehr leicht resorbirt: Berlinerblau, welches sehr feinkörnig durch verdünnte Kochsalzlösung niedergeschlagen wird; die Farbstoffkörnchen von Orleans (Bixa orellana); Blutkörperchen und Milchkügelchen. Den Übergang aller dieser Stoffe in die Lymphgefässe kann man nicht blos dadurch beweisen, dass man ihre Gegenwart mit blosem Auge an der Färbung eines grössern Lymphstammes erkennt, sondern auch dadurch, dass man sie innerhalb der lymphatischen Endnetze nachzuweisen vermag. Nach der Resorption von Berlinerblau sieht man auf der Pleura ganz dieselben Figuren, welche man nach künstlicher Injection der Lymphgefässe erhält. Da die durch Resorption gefüllten Gefässe gerade so der mikroskopischen Untersuchung zugänglich gemacht werden können, wie die injicirten, so bleibt über die Natur der Netze, welche durch Resorption dargestellt wurden, auch nicht der geringste Zweifel.

Gegen die Resorptionsversuche als Beweismittel einer offenen Verbindung zwischen der Pleura und der Lymphgefässhöhle könnte man einwenden, dass auch hier der Erfolg durch eine zufällige Loslösung und Zerreissung einiger Epithelialschuppen bedingt sei. Diesem Einwand habe ich längere Zeit hindurch um so mehr Gehör geschenkt, als es mir anfangs öfter begegnete, dass die Resorption nur in den unteren Zwischenrippenräumen stattgefunden hatte. Später aber fand ich eben so oft Fälle, in denen in allen Zwischenrippenräumen die Aufnahme erfolgt war. Da ich ausserdem den Versuch, seine richtige Ausführung vorausgesetzt, niemals habe misslingen sehen, so müsste die Zersplitterung und Ablösung der Epithelien ein normaler Vorgang sein, mit andern Worten, man könnte dann nicht mehr darüber streiten, dass offene Verbindungen zwischen der Pleurahöhle und ihren Lymphgefässen vorkommen, sondern es bliebe nur fraglich, wie diese Öffnungen entstanden seien. Das Vorkommen, welches v. **Recklingshausen** an der

Bauchseite des Kaninchenzwerchfells entdeckte, gilt also dem Vorstehenden nach im Wesentlichen auch für die Pleura des Hundes und Kaninchens.

Auch an andern Orten der Pleura finden sich solche Öffnungen, so stellen die Figuren 9 und 10 Stücke aus den dünnsten Partien des Mittelfells zweier Hunde dar. Diese Abbildungen scheinen mir entschieden für die Anwesenheit von Löchern zwischen den Epithelialzellen zu sprechen. Das hierdurch dargelegte anatomische Verhältniss klärt eine physiologische Erfahrung auf, die ich wiederholt zu machen Gelegenheit hatte. Nach der vorsichtigsten Injection von farbigen Körnern in eine Brusthälfte habe ich öfter bei der Section diese Körner auch in der anderen Brusthälfte gefunden, ohne dass ich eine Zerreissung des Mittelfells nachweisen konnte. Die mikroskopischen Öffnungen zwischen den Epithelien haben, wie ich vermuthe, die Möglichkeit des Übertritts der Körnchen geschaffen.

c) Grundhaut. Unter dem Epithelium und zwischen der oberflächlichsten Schicht von Lymphgefässen breitet sich die netzförmige Grundhaut aus, welche die Figur 11 in der Flächenansicht von oben, die Figur 3, 4 und 5 auf dem Querschnitt wiedergibt. Auf dieses zierliche und für die Resorption in die pleurischen Lymphgefässe wichtige Gebilde bin ich zuerst durch Thatsachen aufmerksam gemacht worden, welche Schweigger-Seidel und Ludwig an andern Orten aufgefunden haben. Ihre Beobachtungen machten es wahrscheinlich, dass auch an der Pleura das Epithelium über und zwischen diesem Bindegewebsgeflecht ausgespannt sei. In der That fand ich es als ich ein Stück der frischen Brustwand deren Lymphgefässe mit Leim injicirt waren in ein kleines Rähmchen von Draht spannte, und dieses in verdünnter Chromsäure härtete. Nachdem die Härtung eingetreten war, entfernte ich aus dem Intercostalraume die Muskeln, die Fascia, die tiefe Lage von Lymphgefässen und das Bindegewebe, welches die beiden Lagen von Lymphnetzen von einander trennt. Darauf legte ich das Präparat zur Tinction zwei- bis dreimal 24 Stunden in Carminlösung. Auf diese Art erhielt ich, nachdem die letzten Spuren der blauen Masse entfernt waren, jedesmal das in Figur 11 wiedergegebene Bild. Die Einrichtung, welche durch dieses Netz gegeben ist, vervollständigt unsere Vorstellungen über den Zusammenhang zwischen den Lymphgefässen und der

Pleurahöhle. Über den Lücken die zwischen den Balken der Grundhaut bleiben, wird die Scheidewand zwischen der serösen und der lymphatischen Höhle nur durch Epithelialzellen hergestellt. Die Balken bilden mit ihrer gegen die Pleura zu gewendeten Seite die Grundlage für die Fortsetzung des Epitheliums; mit den übrigen Flächen begrenzen sie dagegen die Lymphgefässe. Dieses geschieht jedoch nicht in der Weise, dass die Fäden des Bindegewebes unmittelbar von der Lymphe umspült würden; denn auch hier sind die Lichtungen der Lymphgefässe von Wandungen umgeben, die aus Zellen gebildet sind. Diese letzteren sind aber fest auf die Bälkchen des Bindegewebes aufgelagert, so dass an Versilberungspräparaten die Begrenzungslinien der Zellen auf den Bindegewebsbündeln herlaufen. In der Figur 11 sieht man an mehreren Stellen die Kerne dieser an den Bündeln angelagerten Zellen auf der Durchschnittsansicht.

Die Grundhaut fehlt der Pleura sowohl im Mittelfell als auch da, wo sie das Periost bedeckt entsprechend dem Umstande, dass auch hier keine Lymphgefässe vorkommen.

d) Die übrigen Bindegewebsmassen, welche der Pleura im engern Wortsinne angehören, laufen zum grossen Theil in der Ebene der Pleura, doch fehlen auch solche nicht, welche die Pleura senkrecht von aussen nach innen durchsetzen. Diese letztern steigen zwischen den Lymphgefässen empor und enden an den Bälkchen der Grundhaut. Sie geben somit der durch die reichlichen Lymphgefässe in mehrere Blätter zerlegten Haut eine Festigkeit in der Richtung von den Muskeln zur Brusthöhle. Hierdurch wird es der Pleura möglich, den in entgegengesetzter Richtung wirkenden Zügen der Muskeln und der Lungen einen erfolgreichen Widerstand entgegenzusetzen.

Die aufsteigende Faserung wird deutlich sichtbar, wenn man den Querschnitt einer gehärteten Pleura, deren Lymphgefässe injicirt sind unter dem Mikroskop mit verdünnter Kalilauge befeuchtet.

Von der untern Rippe eines jeden Intercostalraums gehen bekanntlich Fascialblätter schräg aufsteigend an die Pleura, bis zur Mitte des Intercostalraums. Aus den Lücken, welche am Rippenende zwischen Pleura und Fascialfortsatz liegen, entspringen Fasern des musc. intercostalis intern. Diese Blätter

werden bei der Rippenbewegung, namentlich, wenn sie durch den genannten Muskel ausgeführt wird, die Pleura spannen.

e) **Blutgefässe.** Dem bekannten Gefässverlauf gemäss hat eine vollkommene Ausspritzung der Blutcapillaren in der Pleura ihre Schwierigkeiten. Einen sichern Erfolg habe ich nur durch das folgende Verfahren erlangt. Wenn ich z. B. die linke Brusthälfte injiciren wollte, durchschnitt ich zunächst auf der entgegengesetzten Brustseite die Hautmuskeln und Rippenknorpel unmittelbar an der Grenze der knöchernen Rippen und löste nun immer mit Erhaltung der Haut und also auch der gesammten Extremität die linke Brustwand vollkommen heraus, wobei ich die Rippen nahe an der Wirbelsäule abschnitt. Die Ränder des lospräparirten Stücks umschnürte ich durch Fäden sehr sorgfältig: hiebei leisten kleine Holzklötzchen gute Dienste, die mit den darüber zugeschnürten Fäden gegen die Rippen und die Weichtheile angedrängt werden. Bei sorgsamer Ausführung werden hierdurch sämmtliche Ränder des Präparats vollkommen dicht. Sollte während der Injection aus den Stichkanälen Leim hervordringen, so kann man dieselben durch ein in Alkohol getauchtes Schwämmchen verstopfen. — Die Injections-Canülle führe ich in die art. mammaria der zu injicirenden Seite: demgemäss ist es nothwendig, dass auch die Ästchen derselben, welche in das Mittelfell gehen, vor Beginn der Injection sorgfältig unterbunden werden. Ist die Pleura blutleer, vermeidet man den Eintritt von Luftblasen und regulirt man vorsichtig den Injectionsdruck, so wird man mit Hilfe der angewandten Vorsichtsmassregeln jedesmal eine sehr vollkommene Gefässinjection erhalten.

An einem vollkommen ausgespritzten Präparat stellen sich die Netze auf der pleura intercostalis und sternocostalis so dar, wie sie in Figur 12 wiedergegeben sind. Die blauen Gefässe gehören daselbst dem Lymph- die rothen dem Blutstrom an. Man sieht, dass die Blutcapillaren weite Maschen bilden, indem sich stärkere und schwächere Blutgefässchen in ihrem Verlauf den entsprechenden Lymphgefässen anschliessen. Einige Mal legen sich die Blutgefässe denen des Lymphstroms eng an, andere Male aber halten sie nicht so streng den Verlauf über und neben den Lymphgefässen inne. Die Capillarennetze der Pleura stehen dabei in vielfacher Verbindung mit denen der unterliegenden Fascia bis zu den Muskeln hin. — Das Bisherige

galt für die Pleuraflächen welche die Muskeln decken. Die Pleura auf dem Periost scheint häufig mit viel dichteren Maschen besetzt zu sein, wo dies der Fall, lässt sicht alsbald erkennen, dass Fettgewebe theils unter und theils in der Pleura selbst eingesprengt ist. An fettreichen Thieren heben sich deshalb die Rippen, vermöge ihrer starken Injection, von den meist fettärmern Muskelflächen durch die Injectionsfarbe lebhaft ab.

Der gerade und einfache Verlauf der Capillaren, die langen und engen arteriellen Zuflüsse von mindestens zwei Seiten her und die vielfachen Abflüsse nach allen Richtungen dürften auf einen Strom in der Pleura schliessen lassen, der nicht nur mit einem mässigen Drucke sich bewegt, sondern der auch durch locale Störungen in diesem oder jenem Zu- oder Abflusse seine Gleichmässigkeit nicht einbüsst. Unzweifelhaft scheint es als ob mit In- und Exspriration ein veränderlicher Füllungsgrad der Capillaren eintreten müsste. Leider kenne ich keinen Versuch, wodurch man im Stande wäre, sich dieses für die Pleura wichtige Factum zur Anschauung zu bringen.

An den Intercostalvenen, welche zur vena azygos gehen, ist mir kurz vor ihrer Einmündungsstelle eine Eigenthümlichkeit aufgefallen. Dort wo sich die Pleura von den Rippen auf die Wirbelsäule hinüberschlägt, ist sie so fest gespannt, dass die darunter liegende und an ihr angeheftete Intercostalvene ein immer offenes Lumen zeigt. Wenn nach Eröffnung der Brusthöhle die auf die Wirbelsäule hinübertretenden Intercostalvenen quer durchschnitten sind, so fliesst dennoch das Blut, welches an dem genannten Orte in der Vene enthalten ist, nicht aus, so lange die Pleura über ihr unverletzt ist. Erst wenn man diese letztere eingeschnitten hat, kann sich die Vene entleeren. Es verdiente, wie mirs scheint, eine Untersuchung, ob bei der Rippenbewegung diese immer offen gehaltene Venenstelle nicht als eine kleine Pumpe zum Vortheil des Blutlaufs wirksam ist.

Zur Physiologie der Pleura.

1) Aufsaugung. Bis dahin wusste man nichts anderes, als dass die Pleura in der Regel Flüssigkeiten und unter anderen nicht näher bestimmbaren Umständen auch feste Körperchen resorbiren konnte. Über den Mechanismus dieser Vorgänge war die Wissenschaft dagegen vollkommen im Unklaren.

Durch die vorstehenden anatomischen Untersuchungen hat sich dieser Zustand der Dinge für die pleura costalis mindestens sehr wesentlich geändert. Mit Hilfe der Einsicht, die durch sie gewonnen, lässt sich leicht erörtern, wie, was und wann die pleura costalis resorbirt. Obwohl ich nun meine Vorstellungen über Resorption durchaus nicht allein auf diesem Wege gewonnen habe, so will ich ihn doch als den bequemsten bei der Darstellung einschlagen.

Die Lymphgefässe können, weil sie in einer sehr nachgiebigen Haut liegen, sich nur dann füllen, wenn von beiden Seiten ein Zug auf die Pleuraflächen geübt wird. So wie dies geschieht, werden sich die dünnen Häute der oberflächlichsten Netze entfalten und sich die Filtra zwischen den Balken der Grundhaut hervorwölben. In dem Mass, wie dieses geschieht, wird die Flüssigkeit und die festen Körperchen, welche in der Pleurahöhle enthalten, durch die grob poröse Haut der Lymphgefässe eindringen und sich aus den oberflächlichen in die tiefern Röhren begeben, sofern auch diese auseinandergezogen werden. Fällt in einer spätern Zeit die Pleura, in Folge des Druckes ihrer Umgebungen, wieder zusammen, so wird der Inhalt der tiefern Netze in die grössern Lymphstämme übertreten, weil ihr vermöge der besondern Verbindung der oberflächlichen und tiefen Netze der Rücktritt gegen die Pleura verwehrt wird. Die Kräfte, welche den Saugapparat in Bewegung setzen, sind gegeben: einerseits durch die Elasticität der Lungen, welche bekanntlich einen Zug von der Pleurafläche gegen die Lungenwurzel ausübt. Der Lunge entgegengesetzt arbeiten dagegen die Intercostalmuskeln, sobald sie sich zusammenziehen; in der Exspirationsstellung wölben sie sich in den Zwischenrippenraum hinein, in der Inspirationsstellung ziehen sie den Bogen aus dem Zwischenrippenraum hervor, sie müssen also auf die an sie angeheftete Pleura einen Zug von Innen nach Aussen üben. Die Pleura wird dem entsprechend um so mehr resorbiren, je elastischer der Brustinhalt und um so stärker die Zusammenziehung der Intercostalmuskeln ist. Einen Beweis für die Richtigkeit der gegebenen Darstellung geben schon die anatomischen Thatsachen; für den Antheil der Muskeln an der Saugwirkung spricht noch insbesondere der Umstand, dass die Lymphnetze gerade nur so weit vorhanden sind, als die Pleura von Muskeln belegt ist. Nicht minder treten aber auch die Er-

scheinungen, welche während der Resorption zu beobachten sind, für unsere Darstellung ein.

A. Resorption fester Körper. Die festen Körperchen werden erfahrungsgemäss nur von der pleura costalis resorbirt. Ich bemerke hier noch ganz ausdrücklich, dass ich niemals weder in dem Mittelfell noch auf der Lungenfläche in meinen zahlreichen Versuchen eine Resorption fester Theilchen gesehen. Hierdurch gewinnt man ein Mittel, um die Bedingungen, unter denen die pleura costalis resorbirt, zu prüfen. Der Mittheilung meiner einzelnen Beobachtungen will ich eine Zusammenfassung ihrer Ergebnisse vorausschicken. Dieselben lauten einfach dahin, dass der Übergang geeigneter Körnchen aus der Pleurahöhle in die Lymphnetze nur dann erfolgt, wenn die Elasticität der Lunge in der normalen Richtung zieht und wenn die Rippen nach Art der Inspirationsbewegung bewegt werden. Meine Beobachtungen sagen weiter aus, dass der Strom in die Lymphgefässe hinein um so rascher wird, je kräftiger die genannten Züge und Bewegungen auftreten. Demgemäss ist die Aufnahme von Körnchen besonders reichlich an einem Thier, (Kaninchen oder Hund) dessen nervi vagi geschnitten waren und eben so beschleunigt sich die Resorption, wenn man die Luftröhre eines Hundes durch passende Zwischenstücke mit einem Raum verbindet, in welchem eine Luft enthalten ist, die unter einem niedrigern Drucke steht, als der, welchen die Atmosphäre auf die äussere Oberfläche des Thieres ausübt. Zwingt man das Thier, seine Lunge aus einer verdünnten Luft zu füllen, während seine Körperoberfläche mit einer normalen atmosphärischen Luft umgeben bleibt, so sinkt, in Folge des Druckübergewichts von aussen, der Brustkasten während der Exspiration merklich zusammen, und namentlich wölben sich die Intercostalräume beträchtlich nach innen. Da das Übergewicht des äussern Drucks der Inspiration einen Widerstand entgegensetzt, so arbeiten bei der letztern die Intercostalmuskeln mit fast krampfhafter Anstrengung. Während dies geschieht, muss sich die Lunge allerdings ausdehnen, aber ihr elastischer Zug auf die innere Fläche der Brustwand muss mächtiger als unter normalen Verhältnissen sein, weil sie an der verdünnten Luft einen geringern Gegenhalt findet.

Für den Antheil, welchen der Zug der Lunge nimmt, spricht, wie mir scheint, sehr überzeugend der Versuch, in welchem

man das Thier statt in verdünnte in comprimirte Luft athmen lässt, während die äussere Oberfläche des Thiers unter dem normalen Druck der Atmosphäre liegt. Unter diesen Bedingungen wölben sich während der Exspiration die Zwischenrippenräume convex nach aussen und die ausgedehnte Lunge presst sich fest an die Brustwand an; nur dann, wenn das Thier seine krampfhafte Exspiration vollführt, nimmt der Thorax eine Form an, welche der normalen Inspirationsstellung ähnlich ist. Während eines solchen Versuchs wird niemals auch nur die geringste Menge von einem festen Körperchen in die Lymphgefässe übergeführt, welches in die Pleurahöhle gebracht wird.

Resorbirbare Körperchen werden aus der Pleura eines ruhig athmenden Hundes meist nur in beschränktem Masse aufgenommen. Aus der Pleura des todten Thiers, vorausgesetzt, dass man die Leiche ruhig liegen lässt, geht niemals, so weit ich gesehen, körnige Masse in die Lymphgefässe über. Dieser Übertritt erfolgt aber alsbald, wenn man die Wirbelsäule feststellt und ohne Verletzung der Pleurahöhle durch das obere Ende des Brustbeins einen starken Bindfaden zieht, mit Hilfe dessen man den Brustkasten abwechselnd bald in die Inspirationsstellung zieht und bald in die Exspirationsstellung sinken lassen kann.

Die Folgen, welche der Saugapparat der Brustwand für das Leben mit sich bringt, sind leicht einzusehen. Die Bewegung, welche bei der Athmung zwischen Lunge und Brustwand stattfinden muss, erfordert, wenn sie leicht geschehen soll die Anwesenheit von Flüssigkeit zwischen den Gleitungsflächen. Für die Beschaffung dieser Flüssigkeit sind nun auch die Blutgefässe fortwährend thätig. Eine allzureichliche Anwesenheit von Flüssigkeit hemmt aber, wie bekannt, die Ausdehnung der Lunge, demnach ist es vortheilhaft, dass eine Einrichtung besteht, welche jeden Überschuss an Flüssigkeit augenblicklich wieder fortschafft.

Ich überlasse es zukünftigen Beobachtungen weiter zu erörtern, wie sich unter pathologischen Verhältnissen die Resorption von der Costalpleura aus gestaltet. Die pathologische Anatomie wird festzustellen haben, welche Veränderungen die Bedeckungen und Lichtungen der Lymphgefässe erfuhren, wenn der resorbirende Apparat aufgehört hat, seine Schuldigkeit zu thun.

Es folgen nun die Versuche, denen die vorstehende Übersicht entnommen ist. — Behufs der Resorption habe ich in die Pleurahöhle unter den bekannten Vorsichtsmassregeln, die den Luftzutritt abschliessen, eingespritzt: Milch, welche durch Löschpapier filtrirt war, Orlean mit Milch oder Wasser zerrieben, lösliches Berlinerblau, das durch einprocentige Kochsalzlösung sehr feinkörnig gefällt war; Carmin mit Wasser oder Kochsalzlösung zerrieben. Von diesen Mitteln eignet sich gar nicht das letztere, die besten Dienste leistet der sehr feinkörnige Niederschlag vom Berlinerblau, er wird gut resorbirt und lässt sich innerhalb der Lymphgefässe leicht nachweisen. Das letztere wird nur zuweilen erschwert dadurch, dass die in die Lymphgefässe übergegangene Farbe auf bekannte Weise reducirt wurde. Durch Anfeuchten der Pleurafläche mit Alkohol und Terpentinöl kann man aber die Farbe leicht wieder herstellen. — Auch der Orlean lässt sich leicht nachweisen, namentlich wenn er in die grösseren Lymphstämmchen übergegangen; ein solches kann man oben und unten unterbinden, herauspräpariren, mehrere Stunden in destillirtes Wasser legen, um allen Blutfarbstoff zu entfernen. Die bekannte gelbe Farbe der Körnchen dient als Erkennungsmittel. Noch grössere Sicherheit für die Identität gibt die mikroskopische Untersuchung. — Der flüssige Zusatz, mit welchem man die Körnchen in die Pleurahöhle bringt, ist nicht gleichgiltig. Destillirtes Wasser ist, wie ich gefunden habe, unzweckmässig. Es führt jedesmal zur diffusen Färbung der Pleura durch Auslaugung der Blutkörperchen, auch erzeugt es Ekchymosen und Blutaustritt. — Zu ähnlichen Übelständen führt die Kochsalzlösung, welche namentlich auch blutige Exsudate hervorruft. Bei Anwendung von körperwarmer Milch bleiben diese Übelstände aus. Nach meinen späteren Erfahrungen würde ich es aber jetzt vorziehen, eine warme Lösung von Traubenzucker von 8 bis 10 p. C. anzuwenden.

Aus der Pleurahöhle des nach dem Versuch getödteten Thiers habe ich die zurückbleibende Flüssigkeit auf folgende Weise gesammelt. Ich eröffnete die Bauchhöhle, band unterhalb des Zwerchfells Leber und Magen ab und entfernte darauf alle Baucheingeweide, dann stellte ich den Brustkasten aufrecht, bis alle Blutung gestillt war, und reinigte darauf die untere Fläche des Zwerchfells sorgfältig. Nun legte ich den Brustkasten wieder horizontal und machte einen kleinen Einstich etwas entfernt

von seiner hinteren Ansatzlinie in das Zwerchfell. Durch diese Öffnung saugte ich die Flüssigkeit mit einer Pipette sorgfältig auf, während ich von einem Gehilfen die Brust mehr und mehr in eine senkrechte Stellung bringen liess. Dieses Verfahren muss immer auf beiden Brusthälften ausgeführt werden, auch wenn man nur in eine derselben die Flüssigkeit injicirt hat. Man erhält auf diese Weise zwar nicht alle Flüssigkeit, die in der Brusthöhle enthalten war, aber bei sorgfältiger Ausführung lässt man dem Anschein nach nicht mehr Flüssigkeit zurück, als vor der Einspritzung in der Brusthöhle vorzukommen pflegt.

Zu den Versuchen mit einseitig erhöhtem oder erniedrigtem Luftdruck habe ich den Apparat benutzt, den Einbrodt nach Angabe Prof. Ludwig's zu seinen Versuchen über die Änderung des Blutdrucks bei den Respirationsbewegungen gebraucht hat.

Der Unterschied des Drucks zwischen der Lungen- und der atmosphärischen Luft überschritt bei meinen Versuchen den Werth von einigen Hundert Millimeter Wasser in keinem Fall. Auch bei einer solchen Differenz kann man ununterbrochen die Thiere nur 5 bis 10 Minuten lang in den geschlossenen Raum athmen lassen. Der Versuch wird also so ausgeführt, dass die Thiere abwechselnd bald in die freie Luft, bald in die Flasche hinein athmen. Durch diesen Wechsel gewinnt man auch Zeit, die verdorbene Luft in der Flasche durch neue zu ersetzen. Die in den Versuchen notirte Beobachtungszeit umfasst die ganze Dauer des Versuchs.

a) Normale Athmung: 1. Filtrirte Milch 10 C. C. eingespritzt, Brusthöhle nach 24 Stunden eröffnet, es wurden 40 C. C. durchsichtiger farbloser Flüssigkeit gesammelt, die Flüssigkeit gerinnt spontan, in der Brusthöhle liegen Faserstoffgerinnsel; die Pleuraflächen geröthet.

2. Filtrirte Milch, nach 2 Stunden wird das Thier getödtet und aus der Brusthöhle 11 C. C. Milch gesammelt. Die Pleura zeigt weder eine Injection der Blut- noch der Lymphgefässe.

3. Filtrirte Milch 12,5 C.C., nach 3 Stunden getödtet, 8 C.C. Milch lassen sich sammeln. Pleura gesund ohne Injection der Lymphgefässe.

4. Berlinerblau 9 C. C., getödtet nach 3 Stunden, 8 C. C. Flüssigkeit lassen sich sammeln. Pleura gesund ohne Lymphgefässnetze.

5. Orlean 12 C. C. mit Milch, getödtet nach 24 Stunden, es werden erhalten 25 C. C. blutigen mit Gerinnseln durchsetzten Exsudates; in der Pleura Ekchymosen, die grossen Lymphstämme leer, in dem kleinern auf der Pleura ist vielleicht Orlean vorhanden.

6. Carmin mit 2 p. C. Kochsalzlösung, 12 C. C., getödtet nach 24 Stunden, gesammelt sind 27 C. C. blutiger carminhaltiger Flüssigkeit; zahlreiche Ekchymosen in der Pleura.

b) Einseitig erhöhter Luftdruck: 1. Filtrirte Milch 10 C.C., nach 2 Stunden getödtet, aufgefangen wurden 9 C. C. Milch durch etwas Blut gefärbt. Pleura gesund, keine Lymphgefässinjection.

2. Filtrirte Milch 12 C. C., getödtet nach 2 Stund. 30 Min., aufgefangen 12 C. C. reiner Milch, Pleura wie im vorhergehenden Versuche.

c) Einseitig erniedrigter Luftdruck: 1. Filtrirte Milch 10 C.C. Versuchsdauer 2 Stund. 30 Min.; das Thier getödtet; am folgenden Tag wurde erst die Flüssigkeit gesammelt, sie betrug 6 C.C. und war viel durchsichtiger als die injicirte Flüssigkeit. Pleura gesund.

2. Ductus thoracicus unterbunden, darauf filtrirte Milch 10 C.C. eingespritzt, Versuchsdauer 2 Stund.; Flüssigkeit am folgenden Tag gesammelt 4 C. C. Sie war durchsichtig, blutig gefärbt. Die Lymphnetze und die Stämme neben der art. mammaria enthalten Blutkörperchen.

3. Orlean mit Wasser 12 C. C. Versuchsdauer 2 St. 20 Min.; am folgenden Tag sammelte ich 11 C. C. farbloser Flüssigkeit mit Fibringerinnsel vermischt. Die Lymphnetze und der Stamm neben der art. mammaria enthalten viel Orleankörnchen. Um mich von ihrer Anwesenheit zu vergewissern, wurde der Stamm neben der Mammaria auf einer längern Strecke freigelegt, oben und unten unterbunden, herausgeschält, mehrere Stunden in destillirtem Wasser ausgelaugt, der Inhalt des Stämmchens hatte nicht allein die Farbe des Orleans, sondern zeigte unter dem Mikroskop sich aus Farbstoffkörnchen zusammengesetzt.

4. Orlean mit reinem Blutserum, Tod nach 3 Stunden, die Flüssigkeit am folgenden Tag gesammelt, die betrug 13 C. C. Auf der sonst gesunden Pleura traten die mit Orlean gefärbten Netze der Lymphgefässe hervor. In dem Stamm neben der Mam-

maria die Orleankörnchen wie im vorigen Fall vorhanden und nachgewiesen.

5. Berlinerblau 12 C. C. Versuchsdauer 5 Stund., darauf Tödtung; am folgenden Tag wurden 5 C. C. farbloser Flüssigkeit aufgefangen, welche sich auf Zusatz von Salpetersäure bläute. Die Pleura erschien farblos, als sie aber mit Terpentinöl bedeckt liegen blieb, traten die Netze der Lymphgefässe schön blau gefärbt hervor.

6. Berlinerblau 12 C. C. Versuchsdauer 2 Stund. 15 Min.; gleich nach dem jetzt herbeigeführten Tod wurden 6 C. C. Flüssigkeit gesammelt. Sehr deutliche Netze auf den unteren Intercostalräumen nicht blos auf der Seite, wo die Injection stattgefunden, sondern auch auf der entgegengesetzten Seite, wohin durch das Mittelfell die Injectionsmasse gedrungen war. Vor der Injection war bei einem Versuch, den ductus thoracicus zu unterbinden, die Pleura verletzt; die Athmennoth war sehr gross.

Ähnliche Versuche habe ich noch öfter mit gleichem Erfolg ausgeführt.

d) Versuche mit Durchschneidung der n. vagi. Diese letztere Operation wurde jedesmal erst nach der Einspritzung in die Pleura ausgeführt. 1. Berlinerblau; 50 C. C. Flüssigkeit, getödtet nach 22 Stunden. Die ganze Menge absorbirt, nur einzelne Farbstoffklümpchen waren verblieben. Zahlreiche blaue Netze beiderseits. Rechts (die Seite des Einstichs) in dem 2. 4. 5. 6. 7. 9. 10. Intercostalraum, links in dem 3. 6. 9. 10. Auch Gefässchen auf den Rippen hatten sich gefüllt.

2. Berlinerblau 100 C. C. Am andern Tag getödtet; aus der Brusthöhle 80 C. C. gesammelt. Die Farbe, welche in die Lymphnetze übergegangen war reduzirt. Durch Terpentinöl wurden an verschiedenen Stellen blaue Netze sichtbar.

3. Berlinerblau 100 C. C., getödtet am andern Tag; in der Brusthöhle waren verblieben 70 C. C. Blaue Netze; namentlich rechts im 6. 7 9. Intercostalraum.

4. Einem Kaninchen 12 C. C. Berlinerblau; am folgenden Tag wurde das Thier todt gefunden mit 8 C. C. Flüssigkeit. In zwei Zwischenrippenräumen grossmaschige Netze.

e) Schwierige Respiration aus andern Gründen. 1. An einem Hund hatte ich eines andern Versuchs wegen das Brustbein ohne Verletzung der Pleura durchschnitten und einerseits

art. u. ven. mammaria unterbunden, dann dem Thier Berlinerblau eingespritzt. In den untern Intercostalräumen waren die Netze schön blau gefüllt.

2. Bei einem Versuch mit einseitig erniedrigtem Luftdruck war eine Zerreissung der Lunge und darauf Emphysem mit mühsamer Athmung eingetreten. Die Flasche mit verdünnter Luft wurde entfernt und das Thier sich selbst überlassen. Von den 12 C. C. Berlinerblau's war nach dem Tode nichts mehr zu finden; nur einzelne Klümpchen feuchten blauen Niederschlags lagen hie und da zerstreut. In den untern Intercostalräumen waren die Netze schön gefüllt. Das Thier hatte nach dem Beginn des Versuchs noch 2.5 Stunden gelebt. Die Section erfolgte 2 Stunden nach dem Tode.

B. Resorption von Flüssigkeiten. Die in der Pleura vorkommenden anatomischen Bedingungen machen es selbstverständlich, dass die Aufnahme von Flüssigkeiten nicht blos auf der pleura costalis, sondern ringsum auf der Lungenoberfläche, dem Zwerch- und Mittelfell durch Filtration und Diffusion stattfindet. Das Interesse, was sich an sie knüpft, liegt nun gerade darin, dass man durch sie einige endosmotische Eigenschaften der Pleurawand kennen lernt. Aber auch diese können nicht rein hervortreten, weil sich in die Fortschaffung der Flüssigkeiten aus der Pleurahöhle fortwährend die Wirkungen des intercostalen Saugapparates einmischen werden. Um den Einfluss dieses letzteren nach Kräften herabzudrücken, muss man vor Allem jede Störung der Athembewegung vermeiden. Denn die theoretische und practische Betrachtung spricht dafür, dass alle, besonders aber angestrengte Inspirationsbewegungen mechanische Kräfte in das Spiel setzen, wodurch Filtrationen eingeleitet werden. Wenn aber durch die letzteren feste Körper in die Lymphgefässe getrieben werden, so muss dieses noch in viel grösserem Masse mit Flüssigkeiten der Fall sein. Die Statthaftigkeit dieser Betrachtungen gibt sich durch die Erfahrungen zu erkennen, welche ich oben mitgetheilt habe. Jedesmal wenn auf den Lungenraum ein verminderter Luftdruck wirkte, wurde auch die in die Pleura eingespritzte Flüssigkeit beträchtlich vermindert. Die Abnahme ihres Volumens fällt um so mehr in das Gewicht, weil sich aus der Zusammensetzung der aufgefangenen Flüssigkeit ergab, dass auch eine Exsudation stattgefunden habe,

durch die also das im Pleurasack vorhandene Quantum hätte vermehrt werden müssen.

Nächstdem muss man darauf denken, eine Flüssigkeit zu injiciren, welche keine Exsudation durch eine Änderung des Blutstroms hervorruft, als solche hätte sich nach dem Bisherigen warme Milch empfohlen; dennoch glaubte ich von ihr Abstand nehmen zu müssen, weil es bei ihrer Anwendung schwer sein dürfte, auch nur mässigen analytischen Anforderungen zu genügen. Ich entschloss mich deshalb zu Versuchen mit verschieden concentrirten Lösungen von Traubenzucker und von Gummi arabicum.

a) Versuch mit Traubenzucker. Der Traubenzucker, den ich anwendete, war chemisch rein, zum Mindesten enthielt er keine stickstoffhaltigen Bestandtheile. Um die verschiedenen Bestimmungen an der auf die früher beschriebene Weise abgezapften Flüssigkeit zu gewinnen, theilte ich sie in mehrere Portionen. Aus der einen fällte ich das Eiweiss durch Kochen und ermittelte aus dem Filtrat durch Tetriren mit Fehling'scher Lösung den Zuckergehalt; eine andere Portion trocknete ich bei 110° im Platintiegel und äscherte ihn nach dem Wägen ein. Den Theil des Rückstandes, welcher nach Abzug des Zuckers und der Asche übrig blieb, sah ich als Eiweiss an. Die Zuckerbestimmung des Harns bezieht sich auf den in der Blase des getödteten Thiers enthaltenen. Die folgende Tabelle gibt Nachricht von meinen Versuchen. (Siehe nächste Seite.)

Obwohl die Versuche wenig zahlreich und auch nicht methodisch genug sind, so lassen sie doch einige Regelmässigkeit nicht verkennen. Diese besteht darin, dass der Zucker, so lange seine Conzentration nicht auf Bruchtheile von Prozenten herabgesunken ist, äusserst rasch aus der Brusthöhle verschwindet und dann als solcher im Harn wieder erscheint. Gegen den übergegangenen Zucker werden Blutbestandtheile ausgetauscht. Offenbar ist nun allerdings in alle den Fällen, in welchen die restirende Flüssigkeit mehr oder weniger blutig gefärbt war, eine Exsudation eingetreten, aus ihnen kann also nicht mit Sicherheit auf die Mengen von Blutbestandtheilen geschlossen werden, welche durch Diffusion übertraten. Nehmen wir aber an, es habe in der vierten Beobachtung, bei welcher nach dem Tode eine vollkommen farblose Flüssigkeit in der Brusthöhle gefunden wurde, nur die Diffusion den Übergang von Salzen und

Totale Menge		Aufenthaltsdauer in der Pleura.	Gesammelt							
			Totale Menge				Auf 100 Theile			
Zucker Gramm.	Wasser Gramm.		Zucker	Eiweiss	Salze	Wasser	Zucker	Eiweiss	Salze	Wasser
1. Eingespritzt 50 c. c. Lösung mit 5,5 p. c. Zucker, kalt. Gesammelt 66,0 c. c. Die Flüssigkeit war fast farblos (rosaroth), Ekchymosen nur auf Diaphragma, Zucker im Harn.										
2,75.	47,25.	2 St. 30 Min.	0,33.	—	0,54.	—	0,5.	—	0,82.	—
2. Eingespritzt 50 c. c Lösung mit 5 p. c. Zucker, 40° C. Gesammelt 26 c. c. Etwas blutig; Ekchymosen, Zucker im Harn.										
2,5 Gr.	47,5 Gr.	2 St. 30 Min.	0,036.	0,291.	0,192.	25,481.	0,14.	1,12.	0,74.	98,0.
3. Eingespritzt 79 c. c. Lösung mit 2,5 p. c. Zucker, 40° C. Gesammelt 76 c. c. Stark blutig, Zucker im Harn.										
1,97 Gr.	77,80 Gr.	4 St. 30 Min.	0,06.	1,195.	0,68.	74,123.	0,08.	1,57.	0,90.	97,45.
4. Eingespritzt 100 c. c. Lösung mit 8,3 p. c. Zucker, 40° C. Gesammelt 128 c. c. Ganz farblos, Zucker im Harn.										
[illegible] Gr.	91,7 Gr.	3 St. 15 Min.	0,618.	0,515.	1,133.	125,731.	0,48.	0,40.	0,88.	98,24.
5. Eingespritzt 100 c. c. Lösung mit 10 p. c. Zucker, 40° C. Gesammelt 97 c. c. Die Flüssigkeit war etwas mit Blut gefärbt, an der Luft gerinnend. Auf der Pleura einzelne Ekchymosen.										
10 Gr.	90 Gr.	24 Stunden.	0,071.	2,042.	0,861.	94,025.	0,073.	2,104.	0,890.	96,133.
6. Eingespritzt 100 c. c. Lösung mit 10 p. c. Zucker, 40° C. Gesammelt 71 c. c. Die aus der Brusthöhle gewonnene Flüssigkeit ist stark mit Blut gefärbt.										
10 Gr.	90 Gr.	48 Stunden.	Nichts	1,93.	0,654.	68,416.	Nichts.	2,718.	0,921.	96,361.
7. Eingespritzt 100 c. c. Lösung mit 10 p. c. Zucker, 40° C. Alles war absorbirt, Pleura ganz normal.										
10 Gr.	90 Gr.	72 Stunden.								
8. Eingespritzt 100 c. c. Lösung mit 10 p. c. Zucker, 40° C. Alles war absorbirt, Pleura gesund.										
10 Gr.	90 Gr.	10 Tage.								

Eiweiss bedingt, so sehen wir, dass der Eiweissstrom ausserordentlich viel langsamer als der des Zuckers gewesen sein muss, während der der Salze sich in der Mitte von beiden stellt. In der Zeit von 3 Stunden 15 Minuten muss in der That der Salzgehalt der Brustflüssigkeit schon mit dem des Blutes ins Gleichgewicht gekommen sein. Dieses kann man daraus schliessen, weil bemerkenswerther Weise der Salzgehalt der Brustflüssigkeit in sämmtlichen Beobachtungen sich sehr nahe gleich geblieben ist, gleichgiltig, ob die eingespritzte Lösung 2,5 oder 24 Stunden in der Brusthöhle verblieb.

Die während des Zuckerübergangs in die Brustflüssigkeit getretenen Salz- und Eiweissmengen waren schon nach 3mal 24 Stunden wieder vollständig verschwunden. Aus dem geringen, durch die Beimengung von Exsudat erklärlichen Unterschied, welchen die Beobachtungen 5 und 6 zeigen, darf man wohl schliessen, dass der Eiweissgehalt der Brustflüssigkeit, in soweit er von der Diffusion abhängt, nicht über 2 bis 2,5 p. c. steigt, so dass, ein gesundes Bestehen des Lymphapparats vorausgesetzt, bei dieser Concentration die einfache Zurücknahme des flüssigen Brustinhaltes bis zu seinem vollständigen Verschwinden stattfindet. Wäre dieses richtig, so würde daraus sich die wichtige Folgerung ergeben, dass in den Fällen, in welchen man bei pleuritischen Exsudaten, die der menschlichen Brusthöhle entnommen waren, einen höhern Eiweissgehalt fand, noch immer eine chronische Exsudation bestanden haben müsse. Zur Bestätigung und Widerlegung einer solchen Annahme wären freilich noch zahlreiche Versuche nothwendig.

Zur Bestätigung der von C. Schmidt ausgesprochenen Behauptung, dass unter den Transudaten der Rumpfhöhlen die der Pleura in der Regel den grössten Eiweissgehalt besitzen, stimmen, wie es scheint, die vorliegenden Beobachtungen nicht.

b) Versuche mit Gummilösung. Das angewendete Gummi war nicht stickstoffhaltig. Aus einem Theil der abgezapften Flüssigkeit bestimmte ich nach der Methode von Voit-Segen den Stickstoffgehalt, und berechnete mit seiner Hilfe die Eiweissmenge. Was nach Abzug der Asche und des Eiweisses vom Rückstande übrig blieb, betrachtete ich als Gummi. Ist diese Annahme richtig, und annähernd ist sie es gewiss, so tritt, wie die Resultate der nachstehenden Versuche darthun, von der Brusthöhle das Gummi in die Säftemasse über. Da bekanntlich das Gummi zu den Stoffen gehört, welche durch eine geschlossene Membran nicht diffundiren können, so ist hiermit ein neuer Beweis für die offene Verbindung zwischen der Pleura und den Lymphgefässen erbracht. (Siehe die Tabelle auf nächster Seite.)

Fast hat es den Anschein, als ob eine Gummilösung sich den Blutgefässen gegenüber wie destillirtes Wasser verhalte. Die Bildung von Ekchymosen befördert sie mindestens eben so sehr, wie dieses. Auch hier zeigt der Salzgehalt des Pleurainhaltes sich ganz ähnlich gross wie in den früheren Beobachtungen.

1. Eingespritzt 49 c. c. Lösung mit 5 p. C. Gummi; Gesammelt 58 c. c. Stark blutig, zahlreiche Ekchymosen besonders auf dem Diaphragma. Lungen stark hyperämisch. In den Lymphgefässen Blut. Ekchymosen auf den Rippen und Mediastinum.

Eingespritzt Totale Menge		Aufenthaltsdauer in der Pleura.	Gesammelt Totale Menge				Gesammelt Auf 100 Theile.			
Gummi	Wasser		Gummi	Eiweiss	Salze	Wasser	Gummi	Eiweiss	Salze	Wasser
2,45.	46,55.	3 St. 30 Min.	1,618.	1,529.	0,526.	54,026.	2,79.	3,154.	0,908.	93,148.

2. Eingespritzt 39 c. c. Lösung mit 7,5 p. C. Gummi; Gesammelt 48 c. c. Schwach blutig, schwache Ekchymosen auf dem Diaphragma, ziemlich starke auf dem mediastinum posterius, besonders an den Stellen, wo viel Fett ist. Die Einspritzung war warm gemacht.

2,88.	36,12.	3 St. 30 Miq.	2,346.	0,607.	0,469.	44,578.	4,888.	1,266.	0,97.	92,866.

2) **Absonderung.** Die Versuche, welche ich über Absonderungen in die Pleurahöhle angestellt habe, sind leider unvollendet geblieben. — Man würde, wie ich glaube, sich über das Mass und die Zusammensetzung der abgesonderten Flüssigkeit dadurch am besten unterrichten können, dass man das Lymphgefäss neben der art. mammaria aufsuchte, was ohne Verletzung der Pleura geschehen kann. Denn dieses ist der wahre Ausführungsgang der Pleurahöhle. Einige Versuche, die ich in dieser Absicht unternahm, belehrten mich, dass meine Zeit zur Durchführung derselben für diessmal nicht mehr ausreichte.

Der allgemeinen Annahme entsprechend ist die Transudation in die Brusthöhle durch den Blutdruck bedingt. Um dieselbe zu prüfen, müssten uns Mittel zu Gebote stehen, um den Blutdruck in den Pleuraflächen in allen möglichen Graden der Abstufung zu ändern. Ein solches Unternehmen hat seine Schwierigkeiten bei der verdeckten Lage der betreffenden Blutgefässe. Embolische Verstopfungen der art. mammaria mit leicht schmelzbarem Talg, die ich bei Kaninchen ausführte, erwiesen sich als zu roh: ich habe sie deshalb verlassen. — Darauf versuchte ich Unterbindungen der art. aorta unterhalb des Zwerchfells an zwei Hunden. Als ich die Thiere drei Stunden nach der Operation bei der kein Baucheingeweide vorgefallen war tödtete und die Brusthöhle eröffnete, fand ich auch nicht ein Tröpfchen Flüssigkeit in der letzteren. — Nächstdem wollte ich versuchen, ob man durch Exstirpation der Gefässnerven oder durch schmerzhafte Reizung der Intercostalnerven auf reflectorischem Wege eine Lähmung der Gefässe hervorbringen kann. Trotz einer ver-

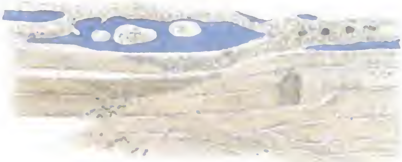
breiteten Zerstörung des Grenzstranges und trotz der heftigs electrischen Reizung der blosgelegten Stämme einzelner Int costalnerven habe ich am curarisirten Kaninchen keine Röth der blosgelegten Pleura zu Gesicht bekommen.

Nach diesen verschiedenen Fehlschlägen blieb mir nic andres übrig als zu chemischen Mitteln zu greifen, durch wel der Blutstrom in den Capillaren selbst, sei es durch eine V änderung des Bluts oder durch eine solche der Gefässwand ; hemmt wird. Da man bei solchen Versuchen den störenc Einfluss der Diffusion ausschliessen muss, so kann man mil wirkende Flüssigkeiten wie z. B. destillirtes Wasser oder Ko sälzlösung nicht in Anwendung bringen. Ich griff darum einer Lösung von Cantharidim in Öl. Dieses Mittel scheint ı für die Folge zu Untersuchungen empfehlenswerth, nur müs man es von sehr schwachen Concentrationen angefangen pı fend in Anwendung ziehen.

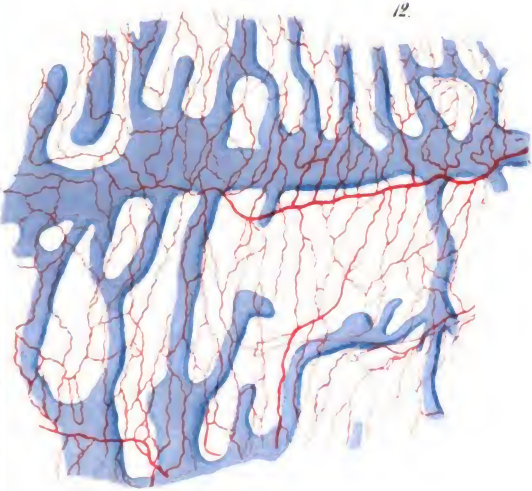
Was die Wege anlangt, welche die aus den Blutgefäss ergossene Flüssigkeit in die Pleurahöhle hinein nimmt, so glau ich behaupten zu dürfen, dass alle wässrigen, leicht flüssig Lösungen, welche irgend wohin in die Substanz der Pleura od in den Raum zwischen ihr und das Periost oder die fascia i tercostalis ergossen werden, in die Pleurahöhle abfliessen. De ich sah niemals die Flüssigkeit bei meinen zahlreichen Ei spritzungen in die genannten Theile einen andern Weg nehme namentlich gelangte sie niemals in die Lymphgefässe. Das, w an der herausgeschnittenen Pleura gilt, wird aber an der lebei digen noch um so gewisser eintreffen, weil ja ihre innere Fläcl stets unter einem Drucke liegt, der geringer als der atmosphä rische ist. Dem entsprechend werden alle Blutgefässe der Pleu gleichgiltig in welcher Tiefe sie liegen, zu denjenigen zu zähle sein, welche eine Absonderung hervorzubringen vermögen.

So weit ich aus meinen Versuchen schliessen kann, liefe der Blutstrom, so lange er unter den Widerständen fliesst, di ihm der normale Gefässverlauf entgegensetzt, kein Flüssigkeits- quantum, das nicht von der grossen resorbirenden Fläche be- wältigt werden könnte. Dieses schliesse ich daraus, weil ich niemals eine messbare Menge von Exsudat in der Brusthöhle angetroffen habe, wenn nicht Veränderungen im Blutstrom ein- getreten waren, die sich auch noch bei der Section erkennen liessen. Waren dagegen auch noch an der todten Pleura die Ge-

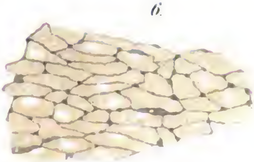
5.



12.



6.



7.



8.



Leid.

fässe mit rothen Körperchen vollgepfropft, was bemerkenswerther Weise vor allem auf der Rippen- im Gegensatz zur Intercostal-Pleura und im Mittelfell zu geschehen pflegt, oder waren gar Ekchymosen vorhanden, so enthielt die Pleurahöhle mehr oder weniger Flüssigkeit. Abgesehen von den geringen Widerständen, welche der normale Blutstrom in den Pleuragefässen erfährt und abgesehen von dem grossen Übergewicht, welches die Ausdehnung der aufsaugenden Flächen über die absondernden darbietet, liegt, wie ich vermuthe ein Grund für das Überwiegen der Aufsaugung über die Absonderung auch in dem Widerstand begründet, welchen die Häute der pleurischen Blutgefässe und ihrer nächsten Umgebung dem Durchtritt von Eiweisslösung entgegensetzen. Von diesem Widerstand kann man sich leicht überzeugen; man braucht nur unter hohem und anhaltendem Druck eine mässig concentrirte Lösung von Hühnereiweiss durch eine art. intercostalis zu schicken, so wird man auch nicht ein Tröpfchen von Flüssigkeit auf der Oberfläche der Pleura hervorkommen sehen, während schon längst in dem Bindegewebe zwischen den Brustmuskeln Ödem eingetreten ist.

Nachweis der Figuren.

Über die Peritonealhöhle bei Fröschen und ihren Zusammenhang mit dem Lymphgefässsysteme.

Von

F. Schweigger-Seidel und **J. Dogiel.**

(Mit einer Tafel.)

Bereits ältere Beobachter wie z. B. *Mascagni* haben die Behauptung ausgesprochen, dass die Lymphgefässe in unmittelbarem Zusammenhange mit den Höhlen des Körpers stehen, indess hat erst neuerdings *v. Recklinghausen* durch seine Versuche über die Resorption der Fette in der Bauchhöhle [1]) bewiesen, dass bei Säugethieren feine körperliche Bestandtheile geradenwegs in die Lymphgefässe gelangen können. Wenn er dann auch weiterhin gezeigt hat, dass wir die zu erschliessenden directen Verbindungsbahnen im Zwerchfelle zu suchen haben, so konnte er doch durch die anatomische Untersuchung nichts Genaueres über die Art und Weise der Verbindung sowie über die Beschaffenheit der vorauszusetzenden Öffnungen ermitteln. Man hat desshalb die *Recklinghausen*'schen Schlussfolgerungen angezweifelt, aber mit Unrecht; denn dass im Bauchfelle solche Öffnungen vorhanden sind, dass also die Peritonealhöhle als eine directe Fortsetzung, eine Erweiterung der Lymphwege anzusehen ist, davon kann man sich auf das Bestimmteste überzeugen.

Unsere Beobachtungen beziehen sich zunächst nur auf Amphibien und besonders auf Frösche.

Wie bei den Säugethieren, so verhält sich auch bei den Amphibien nicht das ganze Bauchfell gleichmässig. Nur an be-

[1]) *v. Recklinghausen*: Zur Fettresorption. Virchow's Arch. Bd. 26, 172.

stimmten Punkten finden sich die durch eine regelmässige Anordnung der Gewebselemente ausgezeichneten Öffnungen, und gilt dies hier von den Partien des Peritoneum, welche die bekannte Cysterna lymphatica magna (*Panizza*) von der Bauchhöhle abgrenzen. Wir wollen auf die anatomischen Verhältnisse des genannten Lymphsackes nicht näher eingehen, sondern zur schnelleren Orientirung nur erwähnen, dass es bei der Untersuchung auf diejenigen Stellen ankommt, an denen das Bauchfell sich als scheinbar einfaches Häutchen von der hinteren Bauchwand (d. i. von der lateralen Region des Musc. obliqu. abdominis intern.) abhebt, um sich in der unteren Hälfte nach den Nieren hinüberzubrücken, in der oberen hingegen in die Mesenterien und zwar bei weiblichen Individuen in das Mesenterium des Eileiters überzugehen.

Dieses Häutchen besteht aus einer bindegewebigen Grundlage und einer doppelten Epithelschicht, von denen die eine der Bauchhöhle, die andere dem Lymphsacke angehört. Offenbar müssen sich alle drei Schichten an der Bildung der Öffnungen betheiligen, wenn eine wirkliche Communication zwischen Bauchhöhle und Cysterna-lymphatica vermittelt werden soll.

Die Grundhaut setzt sich zusammen aus dünnen nebeneinander gelegten Bindegewebsbündeln, welche von feinen elastischen Fasern durchzogen werden. Zwischen den Bündeln sind Lücken vorhanden, welche, wenn man das herausgeschnittene Häutchen in leicht geschrumpftem Zustande untersucht, im Allgemeinen spaltförmig erscheinen und von den gewellten Bindegewebsbündeln mit zackiger Contur begrenzt werden. Hat man dagegen die Membran vor der Betrachtung ausgespannt, so erscheinen die Lücken als ovale oder runde scharf begrenzte Löcher, bei denen eine genauere Untersuchung jede Möglichkeit eines zufälligen Entstehens ausschliesst. Fig. I. a.

Grösse und Vertheilung der Öffnungen ist keine regelmässige. So schwankt nach unseren Messungen der Durchmesser von 0,012—0,045 Mm., jedoch haben bei weitem die meisten, wenn wir von den verschiedenen Graden der Dehnung absehen, eine gleichmässige Grösse von 0,030 Mm. Der Zwischenraum zwischen den einzelnen Öffnungen ist von wechselnder Breite; selten liegen dieselben so dicht bei einander, wie in Fig. III, 0,02 Mm., meist ist der Abstand wie in Fig. II, 0,10 Mm., doch kann derselbe auch noch weiter werden. Immerhin ist die An-

zahl der Löcher auf der ganzen Strecke eine ziemlich grosse, und erscheint das Häutchen in Folge dessen wie siebförmig durchlöchert, wenn man so schwache Vergrösserung anwendet, dass die Öffnungen als kleinste Poren sich darstellen.

Etwas schwieriger als bei den besprochenen Punkten gestaltet sich die Beobachtung der Epithelverhältnisse, weil uns hier einige Eigenthümlichkeiten entgegentreten.

Zieht man bei der Untersuchung zunächst die Behandlung mit Höllenstein in Anwendung, so findet man leicht, dass die Epithelzellen der Bauchhöhlenfläche eine von der gewöhnlichen Form an serösen Häuten abweichende Gestalt besitzen und sich mehr dem zelligen Belege der Lymphsäcke anschliessen. Die Zellen sind gross, nicht regelmässig vielwinklig, sondern unregelmässig gestaltet und mitunter auffallend in die Länge gezogen, fast spindelförmig, so dass sie bei einer Breite von 0,01—0,02 Mm. 0,04—0,08 Mm. lang werden können. Solche lange Zellen sieht man oft radienartig um ein gemeinschaftliches Centrum angeordnet und erkennt bei genauerer Betrachtung, dass jedes solches Centrum einer Öffnung in der Haut entspricht. Diese Anordnung der Zellen tritt besonders dann auffällig hervor, wenn die einzelnen Öffnungen weiter auseinander liegen (Fig. II.), während in den Fällen grösserer Annäherung die Zellen auf den mitunter schmalen Brücken keine derartige Lagerung zeigen (Fig. III.).

Zur Erkenntniss weiterer Besonderheiten an den Zellen erwies sich die Versilberung der Gewebe als unzureichend, und dürfte dessbalb nur noch anzuführen sein, dass an so behandelten Präparaten die Öffnungen in der Haut mitunter umgeben waren von einem Kranze bräunlich gefärbter kugelartiger Gebilde, welche wohl für Kerne gehalten werden konnten (Fig. II.).

Bessere Resultate ergab eine Gewebsbehandlung, welche darin bestand, dass wir die auf Kork ausgespannten Häutchen momentan in heisses Wasser eintauchten und dann in der gewöhnlichen Weise mit Carmin färbten. Von dem Korke lassen sich die Präparate mit der grössten Schonung auf das Objectglas bringen, namentlich wenn man dieselbe zuvörderst gleichzeitig mit einer dünnen Schicht des Korkes überträgt, um das Häutchen erst auf dem Glase selbst davon frei zu machen. Man vermeidet auf diese Weise jede Schrumpfung und Faltung.

Durch die Einwirkung des heissen Wassers wird eine leichte

Gerinnung in den Zellen bewirkt; dieselben werden dadurch sichtbar, indem die Conturen, wenn auch blass, hervortreten, während an ganz frischen Präparaten von einem Erkennen derselben gar nicht die Rede ist; die schärferen Grenzlinien der darunter liegenden Bindegewebsbündel verdecken die zarten Gebilde. Es können in Folge dessen solche mit heissem Wasser behandelte Präparate zur Controlle für die versilberten dienen. Fig. IV., nach einem gelungenen Objecte gezeichnet, lässt wiederum die eigenthümliche Form und Anordnung der Zellen hervortreten, nur dass die Grenzen, welche in dem anderen Falle schwarz erscheinen, hier von hellen Lücken gebildet werden. Deutlicher tritt das Verhalten der carminisirten Kerne hervor. Dieselben sind zu Gruppen vereinigt. Diese von wechselnder Zahl gebildet, entstehen dadurch, dass die Kerne sämmtlich in die aneinanderstossenden Winkel der radialer gestellten Zellen eingelagert sind, so dass jede Öffnung in dem Häutchen von einem Kranze von Kernen umgeben ist. Länge der Kerne 0.015, Breite 0,009 Mm. Die Löcher in der Bindegewebshaut sind wie angegeben scharf umschrieben; die Ränder derselben werden von den kerntragenden Spitzen der Epithelzellen überragt und zwar so, dass dieselben sich stellenweis wie kleine Zöttchen in das Lumen hineindrängen und anscheinend (im erschlafften Zustande der Membran) einen Verschluss der Öffnung bewirken können.

Später noch Einiges weitere über das Epithel der Peritonealfläche. Anders als dieses verhält sich das äussere Epithel der Scheidewand, welches dem Lymphsacke angehört. An ihm fehlt die besondere Lagerung der Zellen, deren Gestalt durchgehends die unregelmässig polygonale ist. Wie sich aber die Zellen hier zu den Öffnungen verhalten, und wie sie innerhalb derselben mit den Zellen der anderen Seite in Verbindung treten, darüber vermochten wir uns keine sichere Anschauung zu erwerben. Nur erschienen uns die Öffnungen in der Epithelschicht des Lymphsackes fast constant kleiner, als die auf der Bauchhöhlenfläche, so dass dadurch die Löcher in dem Häutchen im Ganzen eine trichterförmige Gestalt erhalten. Es ist jedoch hierbei zu beachten, dass das mikroskopische Bild je nach den verschiedenen Spannungsgraden des Häutchens, je nach der grösseren oder geringeren Weite der Öffnungen verschieden ausfallen muss.

Die verschiedenen Spannungsgrade der Scheidewand zwischen Bauchhöhle und der Cysterna lymphatica dürften aber auch in physiologischer Beziehung von grösserer Bedeutung sein. Dass solche Spannungsunterschiede vorhanden sein müssen, geht aus der Beachtung der Bewegungen hervor, welche die Bauchwand der Frösche beim Athmen ausführen. Die Bewegungen sind beim sitzenden Frosche am ergiebigsten längs der Wirbelsäule, also da, wo die Cysterna magna gelegen ist, und werden die Wirkungen derselben gegenüber der häutigen Scheidewand sich wohl folgendermassen gestalten müssen.

Durch das Spiel der Muskeln wird die Bauchwand bald nach Aussen gewölbt, bald nach Innen gebuchtet; mit ihr geht die darunter gelegene Scheidewand, soweit es die Spannung derselben zulässt. Bei der Auswölbung muss ein Stadium kommen, in dem das Bestreben einer Trennung von einander eintritt und wird die hierdurch bedingte Druckverminderung in der Cysterna eine in der Bauchhöhle vorhandene Flüssigkeitsmenge veranlassen überzutreten und ist der Übergang insofern ermöglicht, als mit der Spannung der Membran eine Eröffnung der Löcher Hand in Hand geht.

Alle diese aus den anatomischen Befunden gezogenen Folgerungen lassen sich auf experimentellem Wege leicht bestätigen.

Bringt man unter den nöthigen Vorsichtsmassregeln in die Bauchhöhle eines lebenden sich selbst überlassenen Frosches körnige Farbstoffe, z. B. Carmin, so kann man dasselbe sehr bald im Blutstrome wiederfinden. Da dies bezüglich der Lymphsäcke bekanntlich schon durch *v. Recklinghausen* gezeigt worden[1]), so folgt daraus, dass man beim Einbringen der Farbstoffe in die Bauchhöhle nichts in den Saccus abdominalis gelangen lassen darf, wenn der Versuch rein sein soll. Anderseits ergibt sich aber auch die Übereinstimmung zwischen der Peritonealhöhle und den Lymphsäcken des Frosches.

Körperliche Bestandtheile von einer gewissen Feinheit gelangen unter allen Umständen aus der Bauchhöhle leicht in die Cysterna lymphatica magna und werden von hieraus, wie man schrittweise verfolgen kann, weiter geführt in den sogenannten Saccus iliacus und zum Lymphherzen. Diese Lymphbahnen, an welche sich noch der dem Saccus iliacus benachbarte Saccus

---

[1]) Die Lymphgefässe und ihre Beziehung zum Bindegewebe. S. 21.

lateralis anschliesst, lassen sich von der Bauchhöhle aus ohne irgend welchen gewaltsamen Eingriff injiciren, beim lebenden Frosche sowohl wie beim todten mit Berlinerblau oder einer Leimmasse. Andere Lymphsäcke hingegen, namentlich die eigentlich subcutanen vermochten wir von der Bauchhöhle aus nicht mit Masse anzufüllen, ebensowenig wie es uns gelang Masse von aussen her, d. h. von den Lymphsäcken aus in die Bauchhöhle zu treiben.

Wir nehmen an dieser Stelle noch Veranlassung der Einwürfe zu gedenken, welche von *Jos. Meyer* gegen *Panizza* und seine Ansicht von der Bedeutung der sackartigen Räume beim Frosche erhoben wurden, da diese Einwürfe, damals entschieden gerechtfertigt, durch unsere neuesten Erfahrungen als beseitigt anzusehen sind.[1])

Dem Versuche durch Einblasen von Luft oder Injection von Quecksilber den Zusammenhang der Lymphsäcke nachweisen zu wollen, macht *Meyer* den Vorwurf, dass die Möglichkeit von Zerreissungen nicht ausgeschlossen sei. Dies kann jetzt nicht mehr gelten. Einmal weil bei der sozusagen natürlichen Injection, welche *v. Recklinghausen* und auch wir anwendeten, jeder gewaltsame Eingriff ausgeschlossen ist, und zweitens weil wir im Stande sind die gebahnten Wege nachzuweisen. Ausser bei der Scheidewand zwischen Bauchhöhle und Cysterna magna gelingt dies auch leicht in dem Häutchen zwischen Sacc. iliac. und lateralis. *Meyer* wendet sich ferner gegen die angezogene Identität des Inhalts der Säcke und Froschlymphe mit der Bemerkung, dass auch in der Bauchhöhle der Frösche eine ganz ähnliche Flüssigkeit vorkomme. Wir können hierin natürlich nur einen Beweis für unsere Behauptung finden. Die miteinander communicirenden Räume müssen auch einerlei Inhalt haben.

Obgleich nicht in unmittelbarem Zusammenhange mit dem eigentlichen Thema dieser Arbeit stehend, lassen wir hier noch einige Bemerkungen über das Vorkommen von Flimmerzellen innerhalb der Bauchhöhle des Frosches folgen. Der Befund selbst ist nicht neu, jedoch sind die Angaben, soweit wir ermitteln konnten, ziemlich unbestimmt, wie es denn z. B. bei *Leydig* (Lehrbuch der Histologie S. 325) heisst: «Beim Frosche s c h e i n t

[1]) *Jos. Meyer:* Systema amphibiorum lymphaticum. Berlin. 1845.

das Epithel des Bauchfells streckenweis zu flimmern, so am Überzug der Bauchmuskeln (auch am Mesovarium) keine Wimperung am Mesenterium.«

Wir bemerkten die Wimperung an der Bauchhöhlenseite der besprochenen Scheidewand und hielten die Beobachtung für um so bedeutungsvoller, als wir die flimmernden Zellen um die Öffnungen herum sitzend fanden, konnten jedoch im Weiteren die aus dem Befunde zu folgernde Annahme, dass die Bewegung den Übergang der Stoffe in den Lymphsack begünstige, nicht bestätigen. Was die Flimmerzellen selbst anbelangt, so sind dieselben bedeutend kleiner, als die Epithelzellen der eigentlichen Serosa und messen in der Breite durchschnittlich 0,01 Mm. An den versilberten Häuten sieht man in Folge dessen zwischen den breiten unregelmässigen Zellen grössere oder kleinere Felder eines zierlichen Mosaiks (Fig. V.) und erkennt an den einzelnen Zellen noch die durch das Silber nicht zerstörten Flimmerhaare. Hierdurch wird die Untersuchung über die Vertheilung sehr erleichtert. Die Zellen stehen nicht bloss um und an den Öffnungen, sondern auch zwischen denselben zu kleineren Gruppen und zusammenhängenderen Lagern vereinigt. Wurde uns schon durch dieses Verhalten die besondere Beziehung der Wimpern zu den Öffnungen zweifelhaft, so mussten wir von unserer ursprünglichen Ansicht ganz zurückkommen, als sich herausstellte, dass nicht alle Frösche Flimmerzellen in der Bauchhöhle besitzen. Das Vorkommen ist auf das weibliche Geschlecht beschränkt, und auch hier werden Cilien bei jüngeren Thieren, welche noch nicht geschlechtsreif sind, vollständig vermisst. Hierdurch erklärt sich die Unsicherheit der Beobachtung.

In welcher Weise die Flimmerzellen bei beginnender Geschlechtsreife als neu hinzukommende Gewebselemente sich entwickeln, vermochten wir zur Zeit nicht zu entscheiden. Dasselbe gilt von der Frage, ob die Zellen beständig bleiben oder mehr von vorübergehender Bedeutung sind, indem sie sich zu jeder Brunstzeit neu bilden? Uns scheint die Annahme einer zeitweisen Vergänglichkeit dieser Gewebselemente nicht unwahrscheinlich, denn eigentlich nur so lässt sich die merkwürdige Beobachtung erklären, wonach die Flimmerzellen mitunter in den Öffnungen drin sitzen. Uns erschien es wenigstens ohne Zweifel, dass einzelne oder mehrere miteinander verbundene

Wimperzellen von dem Kranze von Zellenkernen umgeben waren, welchen wir als eigenthümliche Einfassung der Öffnungen in der untersuchten Membran erkannt hatten. Indess entging es unserer Beobachtung, in welcher Weise sich die Flimmerzellen mit den übrigen Gewebsbestandtheilen in Verbindung setzen.

Man könnte nun allerdings immer noch annehmen, dass der Verschluss kein ganz vollkommener, aber trotzdem bleibt es unzweifelhaft, dass die Wimperbewegung dem Eintritt in die Öffnungen hinderlich ist, da es sich unter dem Mikroskope direct beobachten lässt, wie in der Flüssigkeit schwimmende kleine Theilchen von den Löchern weggestossen werden. Unter diesen Umständen hat das Vorhandensein von Öffnungen in der Membran bei einer solchen Anordnung der Flimmerzellen nur Sinn, wenn die Existenz der Letzteren eine vorübergehende ist. Berücksichtigen wir, dass sich die Wimperzellen nur beim geschlechtsreifen Weibchen finden, dass sie, soweit unsere jetzigen Beobachtungen reichen, nur vorkommen in dem Raume zwischen den Eileitern und der hinteren Bauchwand, sowie dass die Richtung der Flimmern eine aufwärts nach dem offenen Ende des Eileiters zu gehende ist, so darf man wohl der Vermuthung Raum geben, dass die Flimmerung zur Fortbewegung der Eier in Beziehung steht, obgleich nicht zu leugnen, dass auch gegen diese Annahme Zweifel gerechtfertigt erscheinen.

Wir haben bisher nur von Fröschen gehandelt, da wir jedoch die Öffnungen im Peritoneum auch bei Eidechsen und Blindschleichen nachweisen konnten, so ist anzunehmen, dass dieselben sich bei allen denjenigen Thieren, welchen eine gleiche Anordnung des Lymphsystems zukommt, ohne Mühe auffinden lassen werden.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. I. Scheidewand zwischen Bauchhöhle und Cysterna magna lymphatica beim Frosche *a*) Bindegewebshaut mit carminisirten Kernen und feinen elastischen Fasern, scharf umschriebene Löcher enthaltend. *b*) Epithelschicht des Lymphsackes auf der unteren *c*) Epithelschicht der Bauchhöhle auf der oberen Seite mit Silber behandelt. Epithelien durch Abschaben theilweise entfernt.

Fig. II. Bauchhöhlenfläche der Scheidewand. Versilbert, Öffnungen von braungefärbten Kernen eingefasst.

Fig. III. Grössere und näher aneinander liegende Öffnungen.

Fig. IV. Scheidewand (Bauchhöhlenseite) mit heissem Wasser behandelt, Kerne carminisirt. Die Kerngruppen den Öffnungen entsprechend. Die blasseren Kerne von der unteren Fläche durchscheinend.

Fig. V. Bauchhöhlenfläche der Scheidewand mit Gruppen von kleineren Flimmerzellen.

Vergrösserung bei Fig. I—IV. ungefähr eine 300fache, bei Fig. V. eine 150fache.

Fig. I.

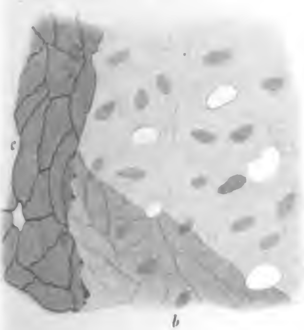


Fig. V.

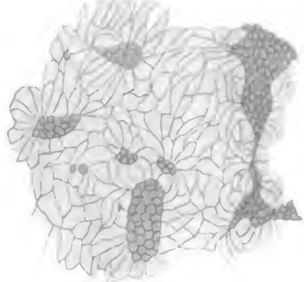


Fig. IV.



Fig. II.

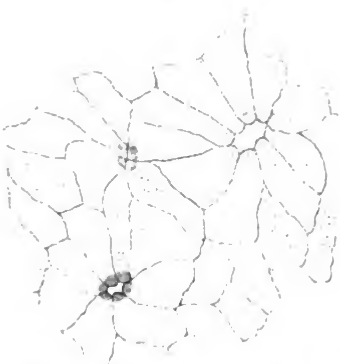


Fig. III.



E. Schweigger-Seidel u. J. Dogiel's Abhandlung 1866.

Über den Einfluss der Temperaturänderungen auf Zahl, Dauer und Stärke der Herzschläge.

Von

Dr. E. Cyon.

(Mit 1 Tafel u. 8 Holzschnitten.)

Die Folgen, welche die Wärmeänderung für die Reizbarkeit der Nerven und Muskeln nach sich zieht, sind schon wiederholt der Gegenstand eingehenderer Untersuchungen gewesen, namentlich haben sich *Eckhard* *), *Rosenthal* **), *Harless* ***), *Schelske* †) und *Afanasieff* ††) Verdienste um vorliegenden Gegenstand erworben. Die Angaben der genannten Beobachter stimmen in vielen Punkten überein und ich glaube nicht fehl zu gehen, wenn ich das Resultat der bisherigen Studien in den Worten von *Rosenthal* †††) wiedergegeben finde, mit welchen er über die unter seiner Leitung entstandene Abhandlung von *Afanasieff* referirt.

»Erwärmung des Nerven steigert die Erregbarkeit, je frischer der Nerv ist, desto deutlicher ist diese Steigerung und desto länger hält sie an. Je höher die Temperatur ist, desto kürzere Zeit hält die Steigerung an. Stets folgt auf sie ein starkes Sinken, welches um so stärker ist, je höher die Temperatur; zuweilen wird es von einer zweiten geringfügigen Steigerung unterbrochen. Bei Temperaturen von 50° C. und darüber ist die erste Steigerung oft gar nicht mehr zu constatiren, Erwärmung über 65° R. vernichtet die Erregbarkeit fast augenblicklich.

*) Zeitschrift für rationelle Medicin 10. Bd. 1850.

**) Allgem. medicinische Centralzeitung 1859.

***) Zeitschrift für rationelle Medicin 8 Bd. 1859.

†) Über die Veränderungen der Erregbarkeit durch die Wärme. Heidelberg 1860.

††) *Reichert's* und *du Bois'* Archiv 1865.

†††) Centralblatt für medicin. Wissenschaft 1866.

»Bei der plötzlichen Erwärmung von 35° auf 40° C. treten clonische Zuckungen, bei 40° bis 45° C. meist tetanische Zuckungen auf; sie können bis zu 1 Minute Dauer haben. Bei höheren Temperaturen sind die Zuckungen nicht constant und dauern nur kurze Zeit. Allmählige Erwärmung bringt niemals Zuckungen hervor. — Abkühlung des erwärmten Nerven auf die Zimmertemperatur kann zuweilen die gesunkene oder ganz verloren gegangene Erregbarkeit wieder herstellen. Bei 40° C. ist dies vollkommen möglich, nach höheren Temperaturen um so besser, je früher die Abkühlung eintritt. Bei Temperaturen von 50° bis 65° C. kommt es vor, dass der absolut unerregbar gewordene Nerv seine Erregbarkeit nach längerer Abkühlung wieder erlangt, wenngleich nur in geringem Grade. — Die Abkühlung des Nerven verlängert die Dauer der Erregbarkeit; bis zu 0° bewirkt die Abkühlung ein Herabsetzen der Erregbarkeit, welche dann sehr lange constant bleibt. — Geschieht die Abkühlung schnell, so tritt zunächst Erhöhung der Erregbarkeit ein, welche allmählig in Verminderung übergeht, um so schneller, je niedriger die Temperatur ist. Unter 0° bis — 4° C. fehlt die Erhöhung, die Erregbarkeit sinkt sofort auf ein Minimum, auf welchem sie sich sehr lange constant erhält und von welchem sie bei Erwärmung wieder ansteigen kann. Unter — 4° bis — 8° C. treten clonische Zuckungen auf, welche zwei Minuten dauern können. Die Erregbarkeit ist dann stark gesunken und erhält sich sehr lange constant. — Aus alle dem folgt, dass die Dauer der Erregbarkeit stets um so geringer wird, je höher die Temperatur, der Grad der Erregbarkeit dagegen um so grösser. Der natürliche Verlauf des Absterbens, das Ansteigen und nachherige Absinken wird durch Erwärmung abgekürzt, durch Erkältung verlängert«.

Harless lenkt auch noch die Aufmerksamkeit darauf, dass sich die optischen und elektrischen Eigenschaften des Nerven gleichzeitig mit der Reizbarkeit ändern, und ebenso weist er nach, dass die Erwärmung in trockner Luft von andern Folgen begleitet ist, als die in feuchter. Ich darf wohl die der ersteren übergehen, da sie offenbar, wie auch *Harless* angiebt, von dem Wasserverlust des Nerven herrühren. — *Schelske* hat nicht allein die Temperatur des Nerven, sondern auch die des Muskels geändert und die vom Muskel erhaltenen Zuckungen auf das Myographion aufzeichnen lassen. Bei längerer Einwirkung einer

Temperatur von 0° auf den Nerven wird die Zuckung niedriger und gedehnter; dasselbe geschieht, wenn der Nerv längere Zeit einer Temperatur von 36° C. ausgesetzt war. Bevor jedoch dieses eintritt, zeigt einige Minuten hindurch die Curve eine Steigerung ihrer Ordinaten.

Von dem Einfluss, welchen die Temperaturänderung auf das Herz ausübt, handeln *Calliburces**) und *Schelske***). Ersterer stellt fest, dass das Herz innerhalb des Thieres und auch ausgeschnitten durch Erhöhung der Temperatur zu rascheren Schlägen veranlasst wird, auch spricht er beiläufig davon, dass sich das Herz in höherer Temperatur anders zusammenziehe, als in niederer.

Schelske erweiterte diese Erfahrungen durch eine grössere Zahl wichtiger Thatsachen. Die erste derselben besteht darin, dass die automatischen Bewegungen des Herzens durch Temperaturen unter 0° und solche, die zwischen 36° und 40° C. liegen, in einen Scheintod gerathen, aus welchem sie durch Zurückführung in die Normaltemperatur wieder erweckt werden können. Und da er ferner zeigt, dass ein von der höheren Temperatur stillgestelltes Herz durch elektrische Reize in Zuckungen versetzt werden kann, so schliesst er folgerecht, dass das Herz darum ruht, weil die automatischen Erreger oder, wie er sagt, die Ganglien als Centralstellen der rhythmischen Bewegung gelähmt wurden. Wenn aber die Lähmung eingetreten, so müsste nach der gegenwärtig herrschenden Ansicht über die Hemmungswirkung des nervus vagus dieser Nerv in ein anderes Verhältniss zum Herzen kommen, da die in ihm auftretenden Erregungen nicht mehr mit denen der Ganglien interferiren könnten. In Folge dieser Betrachtung prüfte er den n. vagus und fand, dass eine Reizung desselben am erwärmten Herzen Zuckungen hervorrufe, während sie am normal temperirten Stillstand bedingt hatte. Beiläufig fügt er noch hinzu, dass ein mit Curare vergiftetes Herz durch Reizung des n. vagus wieder zur Bewegung veranlasst werden könne, wenn es (nahe vor seinem natürlichen Absterben) zur Ruhe gekommen sei.

An die Arbeit von *Schelske* schliesst sich die meine an. Aus mehrfachen Gründen ist es der Mühe werth, die Änderun-

---

*) Claude Bernard système nerveux II. Bd. 392.

**) l. c. p. 17.

gen, welche der Herzschlag mit der variablen Temperatur erleidet, noch genauer zu verfolgen, als es bisher geschehen. Zu dem Ende brachte ich, nach dem Rath des Herrn Prof. *Ludwig*, mit den Gefässen des ausgeschnittenen Froschherzens einen gläsernen Kreislauf in Verbindung, in welchem ein kleines Quecksilbermanometer eingeschaltet war und füllte, um die Bewegungen des Herzens auf das Manometer zu übertragen, die Höhlen des Herzens und der Glasröhre mit Serum von Kaninchenblut; Herz und Kreislauf wurden alsdann in einen Raum gesetzt, der mit Leichtigkeit auf den gewünschten Temperaturgrad gebracht und beliebig lange darauf erhalten werden konnte. Der Apparat, zu dessen genauerer Beschreibung ich übergehe, ist in Fig. 1 zum Theil im Durchschnitt, zum Theil perspectivisch, und zwar in natürlicher Grösse abgebildet.

Das Manometer (*a* bis *f*) ist zum Theil aus einem Glasröhrchen, zum Theil aus einem Platinröhrchen hergestellt; das letztere, welches eine T-Form besitzt, ist in den dem Herzen zugewendeten Manometerschenkel eingelackt, und auf das freie Ende (*d*) dieses Metallröhrchens ist eine enge Kautschukröhre aufgesetzt. Diese kleine Einrichtung dient dazu, um das sehr enge Manometerrohr, soweit es kein Quecksilber enthält, mit Serum füllen und dann auch wieder verschliessen zu können. Diese Absicht wird erreicht, wenn man eine kleine mit Serum gefüllte Glasspritze in den Kautschuk einschiebt; ist durch dieses das Manometer gefüllt, so wird mit einer kleinen Klemme der Kautschuk geschlossen. Um die übrigen nothwendigen Eigenschaften des Manometers nicht zu beeinträchtigen, darf natürlich das Quecksilber nicht bis in das Platinrohr hineinreichen; also ist dafür zu sorgen, dass das in der Fortsetzung des Platins nach unten gelegene Glasstück lang genug ist, um die Hälfte des zum Versuch nothwendigen Quecksilbers zu beherbergen.

Auf die Maasse des Manometers und seine Leistungsfähigkeit komme ich später zurück.

Den zweiten Theil des Apparates nenne ich das Verbindungsstück, weil er die Herzhöhlen einerseits mit dem Manometer und andererseits mit dem gläsernen Kreislauf in Communication bringt. Das Röhrenwerk, aus dem er sich zusammengesetzt, ist theils in die Seitenwände und theils in den Boden des grössern Metallcylinders (*g h i k*) eingelöthet. — Dieses

Stück besteht zunächst aus zwei geraden Metallröhrchen, die parallel zu einander den Boden (*tm*) des Metallcylinders in einer Entfernung von etwa 12 Mm. durchbohren. Das eine derselben *oo* ist das kürzere, das andere *pp* ist nicht allein länger, sondern es geben auch noch zwei Zweigröhren aus ihm hervor. Die untere dieser Abzweigungen *qrs* läuft schräg empor und durchsetzt bei *r* die Wand des Cylinders, so dass ihre freie Mündung ausserhalb desselben hervorragt. Durch diese Öffnung kann ein feinstes Thermometer von Geissler so tief eingeschoben werden, dass sein Quecksilbergefäss bis zu *q* hinabreicht. Etwas höher als die eben beschriebene Röhre läuft ein zweites Röhrchen *lu* unter rechtem Winkel ab; dieses durchbohrt die Wand *gi* des Cylinders, auf seine freie Mündung *u* konnte mittelst Kautschuk das Manometerende *f* aufgestellt werden. An dem Ort, wo *pp* und *ul* zusammentreffen, ist ein T-förmiger durchbohrter Hahn eingeschaltet. Durch entsprechende Drehung dieses Letztern ist man im Stande, den untern Abschnitt der Röhre *pp* beliebig entweder mit dem obern Abschnitt der genannten Röhre, oder mit dem queren Stück *lu* in Verbindung zu setzen. — An das so eben beschriebene Verbindungsstück schliesst sich nach oben der gläserne Kreislauf an, der aus dem Glasbogen *vwz* besteht. Die freien Enden *v* und *z* desselben können mittelst Kautschukröhrchen durch die obere Lichtung (*hg*) des Cylinders auf die oberen Enden der Röhrchen *o* und *p* gesteckt werden.

An das untere Ende des Verbindungsstücks schliessen mittels Kautschukröhren zwei Canülen, welche, wie man sieht, aus der linken Aorta und der vena cava inferior hervorkommen. Die beiden Canülen sind so gebogen, dass sie ohne Zerrung des Herzens auf die untern Enden von *o* und *p* gesteckt werden können. Ist das Herz auf diese Weise an das Verbindungsstück befestigt, so schiebt man über dasselbe den Cylinder *ABCD*. Die innere Höhle dieses Cylinders ist von doppelten Wänden umgeben, die durch einen Zwischenraum von einander getrennt sind. In diesen hinein münden die beiden Röhren *E* und *F*, so dass eine Flüssigkeit, welche durch *F* zwischen die beiden Wände des Cylinders eindringt, durch *E* wieder abfliessen kann. Die beiden Wände sind ausserdem an je zwei einander gegenüberliegenden Stellen ausgeschnitten, und in diese Fenster sind Glasscheiben mit Kautschukbändern befestigt. Durch diese letzteren kann man das Herz beobachten, wenn es in den Cylin-

der *ABCD* eingeschlossen ist, oder man kann nach Entfernung eines Fensters durch die Öffnung Reizungsdrähte zum Herzen führen. Der eben genannte Cylinder ist an seiner nach oben liegenden Mündung von einem breiten Metallrand umgeben, der an den Boden *tm* passt. Der Ring kann an diesem Boden durch ein paar Stifte *GG* befestigt werden. Ist auch dieses geschehen, so steckt man endlich die Metallfassung *HH* des Glascylinders *IKLM* auf *hg*, in welche sie wasserdicht einpasst; alsdann verbindet man die Röhre *N*, die aus der Hülse des Verbindungsstücks hervorgeht, durch einen Kautschukschlauch mit der Röhre *F*. Eine Flüssigkeit, welche durch die Mündung *LK* in den Apparat eingeht, wird also zunächst durch das Glasrohr *IKLM*, dann durch das Verbindungsstück und endlich zwischen der Doppelwand des Cylinders fliessen, in dessen innerm Hohlraum das Herz gelegen ist.

Um innerhalb des Apparates das Herz und seinen Inhalt auf die gewünschte Temperatur zu bringen, verfuhr ich auf verschiedene Weise, je nachdem ich beabsichtigte, tiefer oder höher als 0° zu gehen. Sollte die Abkühlung unter 0° sinken, so steckte ich ein besonders zu diesem Zweck mit einer Mischung von Eis und Kochsalz gefülltes Gefäss (*ABCD*) um das Herz und füllte in das Rohr *IKLM* Wasser, in welchem Eisstücke schwammen. Dem Hahn bei *l* wurde dann die Stellung gegeben, bei welcher der Kammerinhalt aus der Aorta durch den Glasbogen in die vena cava zum Vorhof zurückfliessen musste. Die Flüssigkeit, welche im Glasrohr circulirte, nahm in Folge ihres geringen Durchmessers sehr bald die Temperatur von 0° an, und da das Herz sich in einem Luftraum befand, dessen Temperatur von den eisigen Wänden, die es umschlossen, um mehrere Grade unter 0° erkältet wurde, so sank auch die Temperatur des Herzens alsbald tiefer als 0°. Für die rasche Abkühlung ist es sehr förderlich, dass die Wandungen der Herzkammer beim Frosch so äusserst dünn sind und somit dem Durchgang der Wärme einen geringen Widerstand entgegensetzen.

Die Herbeiführung von Temperaturen über 0° lässt sich viel bequemer ausführen und zwar mit Hilfe eines Wasserstromes, der durch ein Glasrohr in das Gefäss *IKLM* eingeleitet wird und der dann, indem das genannte Gefäss immer gefüllt bleibt, durch das Verbindungsstück nach *GNFD*, von da in den Zwischenraum des doppelwandigen Gefässes *ABCD* und von hier

durch das Rohr E abfliesst. Auf das Ausflussrohr E ist mittelst Kautschuk ein Glasrohr gebracht, dessen unteres Ende vermöge eines angesteckten Kautschukrohres und einer um dieses gelegten Klemme beliebig verengt werden kann. Durch gleichzeitige Regulirung des Zu- und Abflusses gelingt es, den Stand des Wassers innerhalb des Apparates während der Versuchsdauer nahezu gleich zu erhalten. Will man dem Wasser, das man durch den Apparat leitet, eine ganz bestimmte, bis auf den Grad genaue Temperatur geben, dann ist es nothwendig, dasselbe vorher in einem grössern Eimer auf den verlangten Grad zu mischen und dasselbe aus dem Gefäss in den Apparat einfliessen zu lassen. Will man also der Reihe nach eine Anzahl von verschiedenen Wärmegraden auf das Herz wirken lassen, so ist man gezwungen zugleich mehrere der grössern Zuflussgefässe bereit zu halten. Diese Art von Vorbereitung zur Herbeiführung der gewünschten Temperatur habe ich aus mehrfachen Gründen nur selten angewendet. Statt dessen stellte ich gewöhnlich auf zwei Ständer, und zwar in einer Höhe von einigen Fussen über dem Apparat zwei grössere Wassergefässe auf, von denen das eine mit eiskaltem, das andere mit kochendem Wasser gefüllt war. Beide Gefässe waren mit Abflussröhren und je einem Hahn versehen und sie mündeten beide in ein Gabelrohr, dessen dritte Öffnung mit der Glasröhre in Verbindung stand, die in den obern Theil des Apparates eintauchte. Man sieht, dass auf diese Weise die verschieden erwärmten Flüssigkeiten zu einer solchen von mittlerer Temperatur gemischt werden konnten, und dass nach dem Verhältniss des Zuflusses von beiden Seiten die resultirende Temperatur beliebig höher oder niedriger gemacht werden konnte. Bei dieser Art zu mischen ist es nothwendig, durch ein Thermometer, welches man in das obere Glasgefäss ($IKLM$) einsteckt, die Temperatur in dem Letzteren zu controliren.

Wenn das Thermometer, welches bei q in dem Serum steckt, auf dem gewünschten Temperaturgrad angelangt ist, so dreht man mittelst eines Stäbchens den Hahn so um, dass die Herzhöhle mit dem Manometer communicirt, worauf das Aufschreiben der Curven beginnen kann. Bei der Einrichtung, welche der Zeichnung entsprechend mein Apparat besass, musste der Zeitraum, innerhalb dessen das Aufschreiben der Curven stattfand, öfter kürzer ausfallen, als ich gewünscht hätte. Dieses gilt namentlich für alle Beobachtungen, bei welchen die Temperatur

des Herzinhaltes höher steht, als die der äussern Luft. So wie dies der Fall, wird sich der kühlere Inhalt des horizontalen Manometerschenkels in das Herz hinabsenken und dessen Temperatur erniedrigen. Selbstverständlich wird diesem Übelstand durch eine kleine Abänderung des Apparates leicht abzuhelfen sein.

Statt des bis dahin beschriebenen complicirtern Erwärmungsapparates kann man auch einen viel einfachern anwenden. Sehr häufig habe ich die vena cava zugebunden, und nur in die Aorta ein gerades Röhrchen von mehreren Centim. Länge eingesetzt und dieses vermittelst eines Kniees an das Manometer gebracht. Um das Herz hing ich alsdann ein cylindrisches unten geschlossenes Metallcylinderchen, welches gerade weit genug war, um das Herz nirgends zu berühren. Die obere Öffnung bedeckte ich mit einem Stück Pappe, das zum Behuf des Röhrendurchgangs mit einem Ausschnitt versehen war. Dadurch, dass ich den Metallcylinder in Eis oder in Wasser verschiedener Temperatur eintauchte, war ich im Stande auch das Herz beliebig zu erwärmen. Zu sehr raschen Temperaturänderungen eignet sich diese Einrichtung allerdings weniger. Sie hat auch den Nachtheil, dass man mit geringern Mengen von Serum arbeiten muss; in Folge dessen wird es nöthig den Herzinhalt öfter zu wechseln.

Die Art und Weise, wie das Serum in das Herz unter Vermeidung von Luftblasen einzubringen ist, wird keiner weitern Beschreibung bedürfen. Mit einer Spritze kann dieses auf verschiedene Weise geschehen. Über das Manometer, den Gebrauch des Serums und die Behandlung des Herzens muss ich dagegen noch Einiges mittheilen.

Manometer. Das Rohr desselben hat einen Durchmesser von 2,1 Mm. Bleibt man bei diesem Durchmesser stehen, wozu ich in Ermangelung eines gleichmässig weiten und noch engern gezwungen war, so muss man zu seiner Füllung mindestens 3 Gramm Quecksilber anwenden. Über diese Zahl bin ich nie gekommen. Zu ihrer Verwendung ist man der Excursionen des Herzschlags wegen gezwungen, denn diese nehmen bei einem grossen und kräftigen Herzen über 30 Mm. von der Länge meines Rohres ein, und erzeugen demnach einen Druck von über 60 Mm. Der aufgesetzte Schwimmer wog 0,9 Gramm; seine Führung an der Trommel wurde bewirkt durch einen Co-

confaden, der durch ein starkes Schrot gestreckt senkrecht vor dem parallel gestellten Manometerrohr und der Trommel herabhängt. Diese Führung, deren sich Prof. *Ludwig* seit mehreren Jahren bedient, erzeugt eine so geringe Reibung, dass der Schwimmer trotz seines geringen Gewichts beim Absteigen niemals hinter der Quecksilberoberfläche zurückbleibt. Um über die Leistungen des Manometers ins Klare zu kommen, stellte ich folgende Versuche an.

Zuerst bestimmte ich den Gang der Eigenschwingung. Die Reibung, welche in einem so engen Rohr stattfindet, ist begreiflich eine sehr beträchtliche. Dies drückte sich bei der Prüfung der Eigenschwingungen sogleich dadurch aus, dass das in Bewegung gesetzte Quecksilber nach zwei ganzen Schwingungen wieder zur Ruhe kommt, selbst wenn das Manometerrohr beiderseits vom Quecksilber nur Luft enthält. Bei der ebengenannten Füllung des Manometers lief eine ganze Schwingung in 0,19 bis 0,20 Secunden ab.

Nächstdem bestimmte ich die Zeit, welche das Quecksilber zur Ausgleichung eines Niveauunterschieds in beiden Röhrenschenkeln dann bedarf, wenn es diese, ohne dass eine Eigenschwingung eintritt, ausführt. Um das Quecksilber zu diesem Bewegungsmodus zu veranlassen, verfährt man folgendermassen: Nachdem das Quecksilber eingebracht war, füllte man das Stück desselben, welches nach dem Herzen hinsieht, mit Wasser; vor das freie Ende des wasserhaltigen Schenkels steckt man alsdann ein enges Kautschukrohr und legt um dieses eine Schraubenklemme, die auf einer festen Unterlage ruht. Mit Hilfe der Klemme ist man in den Stand gesetzt, die Lichtung des Kautschuks beliebig und sehr fein abgestuft verengern zu können. Die freie Mündung des Kautschuks wird dann durch ein angesetztes kurzes Glasröhrchen in eine Schale unter Wasser getaucht. Nachdem der Apparat in dieser Weise hergerichtet ist, bringt man vom freien Ende des T-förmigen Stücks her einen Niveauunterschied des Quecksilbers in den beiden Schenkeln hervor, während man die Öffnung des unter Wasser tauchenden Glasröhrchens mit dem Finger gut schliesst; indess wird auch die Klemme so weit geöffnet, dass nur ein capillarer Spalt im Kautschukrohr übrig bleibt. Hierauf entfernt man, nachdem die Feder des Manometers an der Trommel angelegt wurde, ganz plötzlich den Finger von der Mündung des Glasröhrchens,

so dass die Ausgleichung des Spiegelunterschiedes beider Quecksilberkuppen erfolgen kann. Je nachdem die Klemme eingestellt war, vollführt nun das herabfallende Quecksilber entweder noch eine Eigenschwingung, oder es gleicht sich der Niveauunterschied ohne eine solche aus. Durch sorgfältiges Reguliren der Klemme kann man es nun alsbald dahin bringen, dass das Quecksilber mit einer Geschwindigkeit herabfällt, bei welcher keine Eigenschwingung mehr zu Stande kam, die aber, wäre sie um mehrere Hunderttheile einer Secunde vermehrt worden, noch zu einer Eigenschwingung geführt haben würde. Die Höhe, von welcher man das Quecksilber herabfallen lässt, mit anderen Worten, die Grösse des Niveauunterschiedes ist den vorliegenden Erfahrungen entsprechend von geringem Einfluss auf den genannten Zeitwerth. Um aber allen Einwendungen auszuweichen, habe ich den vorstehenden Versuch bei einem Spiegelunterschied ausgeführt, der nie weniger als 30 Mm. betrug. Die Zeit, welche zur Herstellung der Gleichgewichtslage ohne Eigenschwingung nothwendig war, betrug 0,34 Secunden.

Die Bedeutung, welche der eben ausgeführten Bestimmung zukommt, ist einleuchtend. Wenn das Quecksilber, während es mit dem Herzen in Verbindung steht, aus seiner Gleichgewichtslage oder in dieselbe langsamer aufsteigt oder absinkt, als 0,34 Secunden, so müssen ausserhalb des Manometers die Triebkräfte oder Widerstände so beschaffen gewesen sein, dass von ihnen die geringere Geschwindigkeit der Spiegeländerung abhängt. Wäre in der That eine plötzliche Änderung der Druckkräfte eingetreten, so hätte das Quecksilber weniger als 0,34 Secunden verbrauchen müssen, um von der höchsten zur niedrigsten Stellung oder umgekehrt überzugehen. So wie aber solche Anordnungen der Kräfte vorhanden sind, die eine grössere Ausgleichungszeit verlangen, so ist auch das Quecksilber am Ende jener Zeit auf dem Stande angelangt, der dem im Herzen vorhandenen Druck entspricht. Aus dieser Auseinandersetzung darf, wie ich glaube, gefolgert werden, dass das Manometer, welches ich anwendete, die Maxima und Minima der vom Herzen gelieferten Drücke richtig angiebt, so lange die Zahl der Schläge 80 in der Minute nicht übersteigt, wobei noch vorausgesetzt wird, dass sich der Auf- und Niedergang einer Schlagcurve gleichmässig in die ganze Zeit theilt.

Zum weiteren Beweise, dass bei der eben angegebenen

Schlagzahl das Absinken und Aufsteigen des Quecksilbers mit Widerständen geschah, die vom Herzen ausgingen, kann ich noch die Thatsache vorführen, dass die auf die Trommel gezeichneten Drucklinien in diesen Fällen niemals Erhebungen und Senkungen in dem Abstande zeigten, wie sie der Periode der Eigenschwingung nach hätten sichtbar sein müssen, und doch hätten in diesem Fall auf ein Ab- und Aufsteigen mehrere solcher Eigenschwingungen eintreten müssen.

Aus dem Fehlen der Eigenschwingungen in dem absteigenden Curvenschenkel lässt sich schliessen, dass die diastolische Erweiterung des Herzens nicht plötzlich geschieht, und dass die Widerstände, welche die in das Herz zurücktretende Flüssigkeit zu überwinden hat, viel grösser sind als diejenigen, welche ihr in den Röhren des Manometers selbst entgegenstehen. Dieses gilt auch noch für das todte Herz, das man mit einer concentrirten Kochsalzlösung, die bekanntlich die Muskelstarre aufhebt, angefüllt hat. Um mich von dem Verhalten desselben zu überzeugen, unterband ich seine Venen und eine der Aorten, setzte in die andere eine Canüle und füllte dann mit Ausschluss von Luft das Herz und das Manometer bis zum Quecksilber mit Kochsalzlösung. Nachdem ich hierauf Herz und Manometer verbunden, erhöhte ich den Druck in diesem System um einige Millimeter über den Nulldruck, legte nun das Herz auf eine feste Unterlage, drückte plötzlich mit dem Finger auf dasselbe und entfernte darauf ebenso plötzlich denselben. Auf diese Weise erzeugte ich Schwankungen von 60 bis 70 Mm. Niveauunterschied des Quecksilbers. Die Zeit, innerhalb welcher der zeichnende Stift wieder auf das ursprüngliche Rohr herabsank, schwankte in den verschiedenen Fällen zwischen 1,3 und 1,6 Secunden. Die Zeit, welche die Ausgleichung der Niveaudifferenz im Manometer ohne das vorgelegte Herz bedurfte, ist also 7 bis 8 mal kürzer, eine Thatsache, die den obigen Ausspruch über das Verhältniss zwischen den Widerständen des Manometers und des Herzens vollkommen bekräftigt.

Nicht anders verhält es sich, wie wir sehen werden, mit dem aufsteigenden Schenkel einer Curve, welche durch einen Herzschlag veranlasst ist. Auch er steigt gewöhnlich viel langsamer auf, als es der Fall sein müsste, wenn das Herz das Maximum seines Drucks plötzlich annähme. Geschähe aber auch das Aufsteigen rascher, so würde man doch kein merkliches Übersteigen des

Quecksilbers über den wahren Druckwerth im Herzen zu fürchten haben. Denn die Trägheit des Quecksilbers wird an der Steifheit der contrahirten Herzwand einen ausreichenden Widerstand finden.

Aus alledem darf man wohl schliessen, dass die Curve, welche das Manometer zeichnet, sehr annähernd auch der Zeit nach congruent ist mit dem Gang der Drücke im Herzen.

Übersteigt dagegen die Schlagzahl des Herzens 80 in der Minute, oder liegen zwischen den seltnern Schlägen längere Pausen, so dass auf die Quecksilberbewegung weniger als $\frac{1}{80}$ Secunde kommt, so giebt der vom Manometer angezeigte Druck nicht mehr denjenigen richtig an, welcher im Herzen stattfand. War die Zahl der Herzschläge über diesen genannten Werth gestiegen, so wird der vom Manometer verzeichnete Minimaldruck höher als der im Herzen vorhandene sein, und umgekehrt verhält es sich mit dem Maximaldruck. Sind aber die einzelnen Acte der Herzbewegung rascher als in 0,34 Secunden vollendet, so muss es zu Eigenschwingungen kommen. In der That habe ich diese mehrmals am Ende der Diastolen wenn auch schwach, aber doch deutlich beobachtet. Den ausgeprägtesten Fall giebt einer der dieser Abhandlung eingedruckten Holzschnitte wieder.

Um einen Ausgangspunkt für die Ausmessung der Drücke zu gewinnen, verfuhr ich in der Art, dass ich vor der Verbindung des Manometers mit dem Herzen zuerst den Nullpunkt des Quecksilberstandes ausmittelte, wobei ich natürlich die Stellung berücksichtigte, welche das Herz nach seiner Verbindung mit dem Manometer einnahm. Zu dem letztern Ende brachte ich an dem horizontalen Manometerschenkel ein absteigendes Röhrchen an, welches möglichst genau bis zu der Tiefe herunterstieg, in welcher sich später die Spitze des Herzens befand. Nachdem die Linie des Nullpunktes auf die Trommel gezogen war, verband ich das Herz mit dem Manometer und füllte vom hervorstehenden Arm des Platinrohrs aus noch etwas Serum in das Herz. Diese Überfüllung, welche ich später noch rechtfertigen werde, bedingte eine elastische Spannung des Herzens, die in der Regel zwischen 5 bis 12 Mm. Quecksilber schwankt.

Serum. Um den Druck auf das Manometer zu übertragen, den das ausgeschnittene Herz bei seiner Zusammenziehung entwickelt, muss dasselbe mit einer Flüssigkeit gefüllt werden.

Selbstverständlich eignet sich zu diesem Ende nur eine solche, welche die Lebenseigenschaften des Herzens möglichst lange unversehrt erhält, also zunächst defibrinirtes Froschblut, da dieses voraussichtlich die Zusammensetzung der Muskel- und Nervenmasse nicht alterirt, und da es auch die durch die Bewegung entstandenen Verluste zu ersetzen und die Wirkungen der Zersetzungsproducte unschädlich zu machen vermag. Trotz alledem habe ich alsbald auf seine Hilfe verzichtet. Kleine Mengen desselben genügen nicht für einen stundenlangen Versuch, weil es innerhalb des schlagenden Herzens alsbald seine erfrischenden Eigenschaften verliert. Grössere Mengen sind aber schwierig zu gewinnen.

Da das ausgeschnittene blutleere Herz des Frosches bekanntlich noch lange schlägt, so scheint es fast, als ob es genüge, statt einer ernährenden eine indifferente Flüssigkeit anzuwenden, z. B. eine verdünnte Kochsalzlösung. Obwohl sie in einzelnen Fällen sich brauchbar erwies, so starben doch auch viele Herzen rascher, als es sonst gewöhnlich ist, in ihr ab. Nachdem sich Serum von Hundeblut fast als giftig erwiesen hatte, bin ich bei Serum aus Kaninchenblut stehen geblieben. Aus einem tödlichen Aderlass eines Kaninchens kann man die für zwei, drei und mehr Versuche genügende Serummenge gewinnen; zudem bleibt das Serum über mehrere Tage hinaus brauchbar, besonders wenn es in Eis gehalten wird.

Welche Rolle das Serum dem Herzen gegenüber spielt bedürfte einer eigenen Untersuchung. Keinesfalls ist es indifferent, ebenso wenig aber auch vermögend, unter allen Umständen einem matten Herzen zu einem kräftigen Schlag zu verhelfen. Wenn dagegen das ausgeschnittene Herz ursprünglich kräftig schlägt, so kann das Serum einer Ermüdung desselben lange Zeit hindurch vorbeugen. Diese Wirkung des Serums habe ich oft beobachtet. Ein Herz, das nach der Füllung mit Serum kräftige Schläge ausführt, büsst jedesmal nach einiger Zeit an seiner Schlagkraft ein: es kann aber diese letztere wieder auf ihr früheres Mass hergestellt werden, wenn der Inhalt des Herzens entleert und statt des alten, neues Serum eingefüllt wird.

Da demgemäss eine kleine Menge von Serum auch nur während kurzer Zeit die Lebenseigenschaften des Herzens erhalten kann, so wird es, vorausgesetzt, dass dieses andere Versuchsbedingungen gestatten, immer zweckmässig sein, möglichst

grosse Mengen von Serum in das Röhrenwerk zu bringen, welches mit dem ausgeschnittenen Herzen communicirt und dabei zugleich einen Strom in der Flüssigkeit einzuleiten, durch welchen der Herzinhalt fortwährend mit dem übrigen Serum gemischt wird. Dieses wird sicher erreicht, wenn man das Serum in einem Kreis herumführt, der von der a. aorta zur ven. cava inf. und von da wieder zum Ventrikel geht; dieses habe ich in den meisten und namentlich in allen der Zeit nach spätern meiner Versuche gethan.

Ausser den erhaltenden hat das Serum auch sogenannte reizende Eigenschaften. Jedesmal, wenn in einem Herzen das verbrauchte durch neues Serum ersetzt wird, schlägt das Herz eine halbe bis einige Minuten hindurch sehr kräftig; nach Verfluss dieses Zeitraums der Aufregung pflegt ein zweiter zu folgen, der öfter eine bis zwei Stunden dauert. In diesem bleibt sich, insofern die übrigen Bedingungen unverändert sind, der Herzschlag nach Zahl und Umfang annähernd gleich, allmählig aber werden dann die Excursionen niedriger und ziehen sich mehr in die Länge. Tritt dies ein, so muss das alte durch frisches Serum ersetzt werden.

Die Behandlung des Herzens. Entweder wurde nur in einen Zweig der Aorta oder in diese und die untere Hohlvene ein Manometer eingesetzt. Will man die Wirkung des Ventrikels allein beobachten, so ist es nothwendig, die Canüle durch den bulbus aortae hindurch bis zu der Ventrikelmündung zu schieben: ohnedies sieht man in der gezeichneten Curve auch noch die Folgen von der Zusammenziehung der Aortazwiebel ausgeprägt. Für die Beobachtung der Leistungen, welche der Ventrikel hervorzubringen vermag, ist es ganz gleichgiltig, ob man eine Canüle mit einem Zuflussrohr auch noch in die Vene eingebunden hat oder nicht. Während der Zusammenziehung der Herzkammer schliesst sich ihre Vorhofsmündung vollkommen ab, eine Thatsache, die man leicht dadurch feststellen kann, dass man das Herz mit zwei Manometern in Verbindung setzt, von denen der eine durch die Aorta mit der Kammer, der andere durch die untere Hohlvene mit dem Vorhof in Verbindung steht. Man sieht alsdann, dass während der Kammerbewegung das Vorhofsmanometer vollständig unbewegt bleibt, woraus unmittelbar der Schluss folgt, dass kein Theil des Herzinhaltes zu jener Zeit in den Vorhof zurücktritt.

Die Anfüllung des Herzens mit Blutserum muss so weit getrieben werden, dass auch in der Diastole die Wandungen unter dem Druck von einigen Millimetern Quecksilber ruhen. Denn nur dadurch wird man es erreichen können, dass das Herz auch während seiner grösstmöglichsten Zusammenziehung noch einige Tröpfchen von Flüssigkeit enthält. Diese Vorsichtsmassregel schien mir nothwendig, weil sonst der ganze Druck, den das Herz zu entwickeln vermag, nicht unter allen Umständen auf das Manometer übertragen werden kann.

Wenn das Serum, sei es durch Aufnahme von Zersetzungsproducten oder durch den Verlust einiger Bestandtheile, sein Vermögen eingebüsst hat, die Reizbarkeit von Nerv und Muskel zu erhalten, so muss man das Herz und den Apparat mit frischem Serum speisen. In sofern man nun das Herz nach der neuen Füllung zu Beobachtungen benutzen will, die mit denen der früheren vergleichbar sein sollen, muss dasselbe möglichst genau wieder auf dieselbe Ausdehnung in der Ruhe gebracht werden. Dieses kann nun auch mit Hilfe des Manometers geschehen, denn man hat ja nur nöthig, den Apparat so weit zu füllen, dass das Manometer in der Diastole einen ebenso grossen Spiegelunterschied seiner Schenkel darbietet wie früher.

Die Beobachtungen, deren Resultat ich mitzutheilen im Begriff bin, lassen eine grössere Zahl von Messungen zu, namentlich die des höchsten oder niedrigsten und des mittleren Werths des Drucks, welchen das Herz erzeugen, beziehungsweise ertragen kann, ferner die Zeiten der Pausen und diejenigen des Auf- und Abgangs zwischen dem Minimum und dem Maximum der Zusammenziehung. Die genannten Werthe sind veränderlich mit den natürlichen Besonderheiten des Herzens und denen des angewendeten Serums, ausserdem aber auch mit der Temperatur und anderen willkürlich veränderlichen Bedingungen. Um die Abhängigkeitsverhältnisse, welche zwischen diesen letztern und den zuerst genannten Werthen bestehen, aufzuklären, ist es nothwendig, sie der Reihe nach die eine als Function der anderen zusammenzustellen. Dieses Unternehmen führt zu einer grossen Zahl von Specialuntersuchungen, von denen ich nur diejenigen mittheile, welche zu Ergebnissen führten, die nicht allein constant, sondern auch, wie es scheint, wichtig für die Herzthätigkeit sind.

A. Allmählige Änderung der Temperatur. Eine solche nehme ich an, wenn der Übergang von irgendeinem zu einem

anderen in der Nähe gelegenen Temperaturgrad mehrere Minuten in Anspruch nimmt. Auf dem Temperaturgrad, den man zu ertheilen wünschte, verweilte dann das Herz nur so lang, als nöthig war, um die gewünschte Beobachtung auszuführen. Auch hierzu waren in der Regel nur wenige Minuten nothwendig. Dem entsprechend geben meine Beobachtungen keinen Aufschluss über die Änderungen, welche durch ein nach halben bis ganzen Stunden andauerndes Verweilen des Herzens in Temperaturen, die von der Norm abweichen, erzeugt werden.

1. Änderung der Schlagzahl mit der Temperatur. Das Herz bewahrt seine Fähigkeit automatisch zu schlagen nur so lange, als es innerhalb gewisser Temperaturgrenzen verweilt. Es kommt zur Ruhe, wie dieses *Schelske* zuerst angegeben hat, wenn jene Grenzen nach unten oder oben überschritten worden sind. Die genaueren Gradzahlen, in welchen die automatische Schlagfähigkeit bewahrt wird, lassen sich jedoch allgemein nicht angeben. Einige Herzen hören bei 0°, andere bei — 4° C. auf; noch unbestimmter ist die obere Grenze, sie variirt zwischen 30 und 40° C. Durchläuft das Herz das Temperaturintervall, welches zwischen den Grenzen der Ruhe liegt, so geht die Schlagzahl durch ein Maximum hindurch. Die Art, wie es dieses Maximum erreicht und wieder von ihm absinkt, zeigt in allen Fällen, die ich beobachtete, eine unverkennbare Gesetzmässigkeit. Eine schematische Darstellung von dem Gang der Erscheinungen habe ich in der folgenden Curve zu geben versucht; die Abscisse derselben hat man sich nach Graden der thermometrischen Scala getheilt zu denken. Und zwar liegen die niedern Temperaturgrade nach links hin. — Die Ordinaten zählen die Herzschläge in der Zeiteinheit.

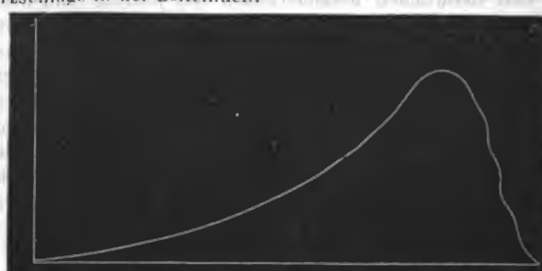


Fig. 1.

Diese Curve sagt aus, dass von der untern Grenztemperatur an die Schlagzahl erst sehr langsam, dann aber um so rascher für gleiche Temperaturintervalle wächst, je näher das Herz der Temperatur kommt, bei welcher die Schlagzahl ihr Maximum erreicht. Ist sie auf dem letztern angelangt, so sinkt bei noch weiterm Steigen der Temperatur die Schlagzahl einige Grade hindurch erst allmählig, dann aber so rasch, dass das Herz, wenn es nur noch um wenige Grade weiter erwärmt wird, schon vollkommen still steht. In den zwei bis drei Graden, die dem Stillstand vorausgehen, schlägt das Herz aber nicht allein langsam, sondern auch unregelmässig, so dass kaum eine Herzpause der andern an Dauer gleich kommt. Um das Bild der Erscheinungen zu vervollständigen, ist in Worten noch hinzuzufügen, dass ganz unmittelbar vor dem Stillstand sich die gesammte Ventrikelfaserung nicht mehr auf einmal zusammenzieht, sondern dass die Bewegung peristaltisch abläuft.

Die soeben gegebene Darstellung der Beziehung zwischen der Änderung von Temperatur und Schlagzahl war eine schematische. Dieser Ausdruck bereitet schon darauf vor, dass noch mancherlei Besonderheiten zum Vorschein kommen werden, sei es, dass man das schematische Bild mit den individuellen, oder dass man die letztern mit einander vergleicht.

Zuerst wollen wir bei dieser Specialbetrachtung die absoluten Zahlen der Schläge beachten, welche die Herzen auf ähnlichen Temperaturgraden darbieten. — In allen Fällen, die ich untersuchte, sind meist unter 15°, sicher aber unter 10° C. die Zahlen der Schläge nicht mehr wesentlich verschieden. Dieses folgt gleich daraus, weil dann die Zahl der Schläge überhaupt auf einen sehr geringen Werth herabsinkt. Dem gemäss muss die Abweichung zwischen den verschiedenen Herzen auch eine geringe sein. Ich gebe einige Beispiele.

Bei einer Temperatur von		21	20	19	18	14	12	10	7	6	5	4	3	2	1
schlagen in 40 Secunden folgende Herzen	I	—	—	28	—	—	14	8	—	—	7	6	—	5	—
	II	17	—	—	—	—	—	—	5	—	—	3.5	—	2.7	—
	III	—	20	—	—	12.6	—	—	7.3	—	—	—	5.6	—	
	IV	—	—	—	18	—	—	—	—	7	—	6.4	—	—	
	V	—	—	17	—	—	—	—	3.4	—	2.2	—	—	—	0.3

Viel grössere Unterschiede treten hervor, wenn man die Zahlen von 18° aufwärts bis zur Temperatur des Maximums in verschiedenen Herzen vergleicht. Die Grenzfälle aus meinen Beobachtungen mögen hier Platz finden.

Bei einer Temperatur von		18	19	23	25	26	28	30	32	33	34	35
schlagen die Herzen in 10 Secunden	I	—	27	—	30	—	—	39	47	77	87	
	II	—	21	25	—	50	76	109	—	101	80	
	III	8.5	—	—	16	—	—	—	29	—	—	16.1

Nimmt man zunächst auf die Maximalzahl Rücksicht, welche die verschiedenen Herzen erreichen, so sieht man, dass *Calliburces* nicht alle möglichen Fälle vor Augen gehabt, als er behauptete, dass man das Herz eines Kaltblüters zur Schlagzahl eines Warmblüters durch die Steigerung der Temperatur emportreiben könne.

Die Unterschiede, welche die Curve der Schlagzahlen über die veränderliche Temperatur rücksichtlich des absoluten Werthes ihrer Ordinaten darbietet, mindern sich aber sehr beträchtlich, wenn man aus den proportionalen Zahlen (statt aus den absoluten) die Curve bildet. Nimmt man beispielsweise in der obigen Reihe die bei 18 und 19° vorhandene Schlagzahl als Einheit an, so ergiebt sich

Grade	18	19	23	25	26	28	30	32	33	34	35
Proportionale Schlagzahlen.	—	1	—	1.1	—	—	1.4	1.7	2.9	3.2	—
	—	1	1.2	—	2.4	3.6	5.2	—	4.8	3.8	—
	1	—	—	1.8	—	—	—	3.4	—	—	1.9

In dem Temperaturintervall, welches zwischen dem Maximum der Schlagzahl und dem Herzstillstand liegt, zeigt die Frequenz des Pulsschlags jedesmal sehr grosse Unregelmässigkeiten. Denn niemals sinkt die Zahl der Schläge von Grad zu Grad stetig ab, sondern es folgen auf die geringere Zahl eines niedern Grades immer auch wieder einmal höhere Zahlen auf einem höhern Grad, so dass das Absinken der Schlagzahl sich erst dann aber dann auch constant ergiebt, wenn man Temperaturunterschiede von mehreren Graden vergleicht.

Ausser der bis dahin beregten Verschiedenheit zeigen die

einzelnen Herzen, wie man schon nach den mitgetheilten Beispielen bemerkt haben dürfte, rücksichtlich der Änderung ihrer Schlagzahlen noch eine andere; sie besteht darin, dass das Maximum der Schlagzahlen nicht immer auf dieselbe Temperatur fällt. Das Aufsteigen zu demselben Wärmegrad bedingt für das eine Herz schon ein Sinken der Pulsfrequenz, während er die des andern noch zum Wachsen bringt; da, wie wir schon sahen, bei den verschiedenen Herzen auch der Stillstand in der Kälte und Wärme nicht auf demselben Temperaturgrad liegt, so könnte man nun den Schluss ziehen wollen, dass die Curve der Schlagzahlen bei den verschiedenen Herzen zwar im Allgemeinen dieselbe Gestalt behaupte, dass aber ihre Lage auf der Abscisse nicht im Voraus genau bestimmt werden könne, indem ihre Ordinaten bei dem einen Herzen sich früher über Null erhoben und auch auf Null herabsanken als bei einem andern.

Mancherlei Erfahrungen scheinen mir jedoch dafür zu sprechen, dass ein solcher Schluss voreilig ist. Als ich mir nämlich nach Anleitung meiner Beobachtungen die Curven der Schlagzahlen construirte, bemerkte ich mehrmals, dass die Grösse des proportionalen Zuwachses für dasselbe Temperaturintervall auch bei den Herzen nicht gleich war, bei welchen das Minimum der Schlagzahlen auf denselben Wärmegrad fiel. Dieses galt namentlich für den steilsten Theil der Curve, also für denjenigen ihrer Abschnitte, welcher den grössten Zuwachs an Schlägen für das gleiche Temperaturintervall aufweist. Dieser Ort des grössten Zuwachses scheint bei gleicher Lage des Curvengipfels über der Abscisse von dem letztern bald mehr und bald weniger weit abzustehen. Dieses würde aussagen, dass, wenn auch die beiden Temperaturgrade *a* und *d* auf zwei Herzen denselben Einfluss übten, dieses doch noch nicht in gleicher Weise geschähe von den Temperaturen *b* und *c*, welche zwischen den erstgenannten in der Mitte liegen. Trotzdem, dass dieses Verhalten unter meinen Beobachtungen öfter vorkommt, wage ich dennoch nicht, den eben ausgesprochenen Satz mit Sicherheit zu behaupten. Dazu sind meine Temperaturbestimmungen des oft raschen Wechsels wegen nicht immer genau genug, und zudem ist die Zahl der einzelnen Beobachtungen an demselben Herzen nicht gross genug, so dass die Temperaturen, an welchen eine Aufzeichnung der Pulse stattfand, meist zu weit aus einander liegen, um aus ihnen den genauern Gang der Curve abzuleiten.

Durch eine noch sorgfältigere Regulirung der willkürlichen Variabeln, namentlich des Ansteigens der Temperatur, der Dauer ihrer Einwirkung auf gleichen Graden, des ursprünglichen Füllungsdruckes und der Zusammensetzung des Serums, wird, wie ich voraussehe, überhaupt noch manche Abweichung unter den einzelnen Beobachtungen wegzuschaffen sein; aber sicherlich werden auch dann noch die verschiedenen Herzen sich rücksichtlich ihrer Empfindlichkeit gegen die Wärme sehr verschieden verhalten. Dafür spricht der Umstand, dass ausnahmslos alle die Herzen, an welchen ich im Vorwinter Beobachtungen anstellte, schon in den mittlern, namentlich aber in den höhern Temperaturgraden viel rascher pulsirten, als diejenigen, welche mir im Januar oder Februar zu Gebote standen.

Es dürfte für künftige Untersuchungen eine lohnende Aufgabe sein zu erforschen, wodurch man im Stande ist, die individuellen Unterschiede der Empfänglichkeit für gleiche oder ähnliche Temperaturintervalle wegzuschaffen. Denn jedenfalls ist die Frage nach der Abhängigkeit der Pulsfrequenz von der Temperaturänderung von mehrfachem Interesse; von einem theoretischen, weil wir durch die hier vorliegende, so deutlich sichtbare Äusserung Aufschluss über die innern Eigenschaften der automatischen Erreger erhalten können, dann aber auch von einem praktischen, weil wir durch die den meinigen ähnlichen Beobachtungen in den Stand gesetzt werden, mit Sicherheit zu entscheiden, in wie weit die Ärzte recht haben, welche behaupten, dass im Fieber die steigende Temperatur an der Beschleunigung des Pulses schuld sei. — In der That lassen meine Beobachtungen keinen Zweifel darüber, dass die Erhöhung der Temperatur und zwar gerade in den Grenzen, in welchen sie beim Fieber eintritt, sehr geeignet ist, die Pulsfrequenz um ein Beträchtliches zu steigern.

2. Änderung des Umfangs der Zusammenziehung. Die Änderung, welche der Hohlraum des Herzens durch die Zusammenziehung erfährt, kann ohne Weiteres an dem wechselnden Stand des Quecksilbers im Manometer abgelesen werden, da sich ja das Herz nur in diesen entleeren kann. Bei der verwickelten Gestalt der Muskelfasern kann natürlich aus der Volumenveränderung der Herzhöhle kein Schluss auf den genaueren Umfang der Contraction, welche die Herzfasern eingehen, gemacht werden, jedenfalls aber kann auf das Mehr oder Weniger der Ver-

kürzung aus der Änderung des Herzinhaltes erschlossen werden, indem doch unzweifelhaft der bedeutenderen Verengerung der Höhle auch eine stärkere Verkürzung der Muskeln entspricht.

Der folgenden Betrachtung sind nur solche Beispiele zu Grunde gelegt, bei denen unzweifelhaft die im Herzen selbst stattfindenden Maximal- und Minimaldrücke durch die Trägheit des Quecksilbers nicht entstellt worden waren. Die Mittel, die zu einer richtigen Auswahl zu Gebote stehen, stützen sich, wie schon oben angegeben, theils auf die bekannten Eigenschaften des angewendeten Manometers und theils auf die Gestalt der aufgeschriebenen Curven. — Bei der Auswahl der Beobachtungen muss ausserdem darauf Rücksicht genommen werden, dass man nicht die Erfolge der Ermüdung mit denen der Temperaturänderung zusammenwirft. Mit andern Worten, man darf nur solche Beobachtungen vergleichen, bei denen das Serum seine erhaltenden Eigenschaften noch nicht eingebüsst hat. Nach meinen Erfahrungen übt das Serum einen mächtigern Einfluss auf die Excursion, als auf die Zahl des Pulses. Nach frischer Füllung wird die Excursion gross; bleibt dann das Serum längere Zeit im schlagenden Herzen, so sinkt die Excursion bedeutend ab, und sie nimmt nach neuer Füllung wieder zu. — Das sichere Kennzeichen, dass nur die Änderung der Temperatur, nicht aber die des Serums die Excursion minderte, liegt darin, dass die Excursion, welche durch die Temperaturschwankung gemindert war, wieder auf ihren frühern Werth zurückkommt, wenn die ursprüngliche Temperatur wieder hergestellt wird. Beobachtungen, bei denen diese Vorsichtsmassregel angewendet wurde, besitze ich, aber leider nur in geringer Zahl.

Um die Beobachtungen an verschiedenen Herzen mit einander vergleichbar zu machen, habe ich mir auch hier die proportionalen Excursionen berechnet. Ich habe dabei wiederum in jedem einzelnen Beobachtungsobject den Umfang der Herzzusammenziehung, welcher bei 18 bis 20° C. stattfand, als die Einheit angesehen.

Aus den Beobachtungen, die ich diesem Verfahren unterworfen habe, leuchtet ein und dasselbe Gesetz hervor. Beschreibt man wiederum über die Abscisse der Temperaturen die Curve der Excursion, so zeigt diese ein Maximum und zwei Minima. Die letzteren liegen bei der oberen und unteren Grenztemperatur, also bei denjenigen, bei welchen das Herz zu schlagen

aufhört. Von der unteren Grenztemperatur steigt die Curve rasch aufwärts, so dass sie schon wenige Grade über Null das

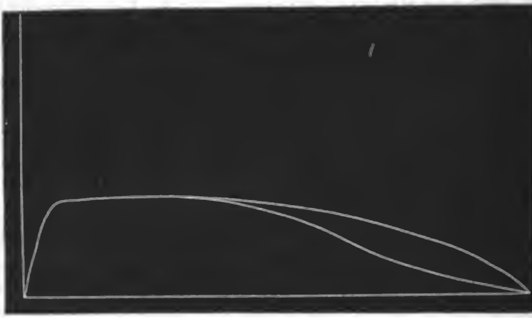


Fig. 2

Maximum oder nahezu den Werth desselben erreicht; dann hält sie sich auf dieser Höhe nahezu gleichmässig bis gegen 15 oder 19° C., nur in seltenen Fällen pflegt sie schon früher etwa bei 10° C. abzusinken. Von 20° C. weiter aufwärts sinkt sie dann ununterbrochen bis zum Nullpunkt der höhern Temperatur auf die Abscisse herunter. Neben der Übereinstimmung, welche die verschiedenen Beobachtungen darbieten, zeigen sich auch Abweichungen. Auf den Theil derselben, welche auf den aufsteigenden Curvenschenkel fallen, habe ich schon aufmerksam gemacht. Der absteigende Schenkel zeigt sich namentlich darin verschieden, dass entweder unmittelbar vom höchsten Punkt an ein sehr rasches Absinken stattfindet, welches auf höhern Temperaturstufen sich in ein sehr allmähliges umsetzt; dieses Verhalten ist in dem Curvenschenkel der Fig. 2 dargestellt. welcher der Abscisse näher liegt. — In andern Fällen nimmt dagegen bis nahe zu 30° die Excursion nur sehr allmählig ab und sinkt erst jenseits des genannten Grades rascher der Abscisse zu, ebenso wie dieses durch den höhern Curvenschenkel der angezogenen Figur ausgedrückt ist.

Bevor ich auf die absoluten Werthe, welche den Excursionen zukommen, eingehe, muss ich noch eines besonderen Verhaltens gedenken, welches das Herz während der Temperaturgrade darbietet, die der oberen Grenzwärme unmittelbar vorangehen. Wenn das Herz auf dem genannten Wärmegrad

angelangt ist, so sieht man dasselbe noch in lebhaften Contractionen begriffen, trotzdem aber treibt es keine Spur seines Inhalts in das Manometer hinein. Eine genauere Beachtung der Herzcontraction lässt alsbald erkennen, dass diese Erscheinung in einer peristaltischen Zusammenziehung des Muskelfleisches begründet sei, die von der Vorhofsgrenze gegen die Spitze fortschreitet. Bei einer solchen Art der Zusammenziehung kann natürlich der Herzinhalt keinen äussern Druck überwinden, da die nicht zusammengezogenen Theile der Herzwand sich um so viel ausdehnen werden, als sich die zusammengezogenen verengen. Abgesehen von anderen scheint mir diese Beobachtung darum besonders bemerkenswerth, weil sie darthut, dass der Druck, welchen die zusammengezogenen Bündel des Ventrikels auf die nicht zusammengezogenen ausüben, keineswegs als ein Reiz für die letzteren aufgefasst werden darf.

Vergleicht man den absoluten Werth der Excursion in den verschiedenen Herzen bei demselben Temperaturgrad, so wird man finden, dass derselbe ausserordentlich verschieden ausfällt. Da sich diese Thatsache bei dem grossen Spielraum, welcher der Nerven- und Muskelreizbarkeit zukommt, von selbst versteht, so halte ich es für überflüssig, sie durch Zahlenbeispiele zu belegen.

3. Über das Verhältniss zwischen dem Umfang und der Zahl der Schläge. Aus dem Bisherigen ergiebt sich, dass unter Umständen mit der steigenden Temperatur die Zahl der Schläge wächst und der Umfang derselben abnimmt. Diese Thatsache fordert dazu auf, zu untersuchen, ob etwa ein bestimmtes Verhältniss zwischen der Länge der Pausen und der Stärke des Schlags aufgefunden werden könne. Bei dieser Untersuchung darf man natürlich nur die verschiedenen Stärken und Zahlen der Schläge eines und desselben Herzens mit einander vergleichen, weil, wie ich schon hervorgehoben, die genannten Dinge bei verschiedenen Herzen sehr ungleichwerthig ausfallen und noch mehr, weil die Änderungen, welche die Stärken mit der steigenden Schlagzahl erfahren, sich in jedem einzelnen Fall verschieden gestalten.

Vergleicht man die Curve der proportionalen Schlagstärken und der proportionalen Schlagzahlen eines und desselben Herzens mit einander, so bemerkt man sogleich, dass von Null an bis zu einer gewissen Temperaturgrenze die Schlagzahl stetig

anwächst, während der Umfang der Zusammenziehung sich unverändert erhält. In diesen Grenzen besteht also keine Abhängigkeit beider Grössen von einander. In dem Temperaturintervall, welches auf das eben erwähnte folgt, wachsen die Schlagzahlen, und die Umfänge der Zusammenziehung nehmen ab und zwar so lange, bis das Maximum der Pulszahlen erreicht wurde. Ist endlich die Temperatur überschritten, bei welcher das Herz das Maximum seiner Schlagzahlen erreicht hat, so sinkt von nun ab die Schlagzahl gleichzeitig mit dem Umfang desselben so lange, bis beide Null werden. Diese Erfahrungen zeigen unzweideutig, dass das Verhältniss zwischen der Intensität der Schläge und der Länge der Pausen nicht aus einem einzigen Princip erklärt werden kann. Um den Anhängern der Meinung zu genügen, dass die Länge der Pausen im geraden Verhältniss zur Intensität der Schläge stehe, müsste man die Erscheinungen, welche sich bei den höheren und niederen Temperaturen zeigen, auf besondere Gründe zurückführen, beispielsweise auf folgende: Nähme man an, es könne der Umfang ein bestimmtes Maximum nicht überschreiten, wie langsam sich auch die Schläge einander folgen mögen, und setzte man voraus, dass dieses Maximum schon etwa bei 10 bis 15° C. erreicht wäre, so würde sich nun erklären, warum von da ab gegen Nullgrad trotz der Verminderung der Schlagzahl keine Steigerung der Zusammenziehung eintreten könnte. — Um aber zu erklären, weshalb jenseits des Maximums der Pulsfrequenz diese letzteren gleichzeitig mit dem Umfang der Schläge sinken, könnte man die Erfahrung herbeiziehen, wonach das Verhältniss zwischen der Dauer und dem Umfang der Schläge bei jedem dem Versuch unterworfenen Herzen ein eigenthümliches, von allen anderen verschiedenes ist. Diese Thatsache deutet darauf hin, dass durch die jeweilige Anordnung der Kräfte, welche in den Herzmassen gegeben sind, das Verhältniss der Zahl zu den Intensitäten der Schläge geregelt werde. Wenn also an einem und demselben Herzen sich plötzlich das bisher bestandene Verhältniss zwischen den zuletzt genannten Grössen ändert, so würde man annehmen müssen, dass dieses auch mit der Anordnung der erregenden Herzkräfte geschehen sei.

Auf unseren Fall angewendet, würde demnach das nahezu auf die obere Grenztemperatur erwärmte Herz mit einer Anordnung der Kräfte begabt sein, die nicht mehr verglichen werden

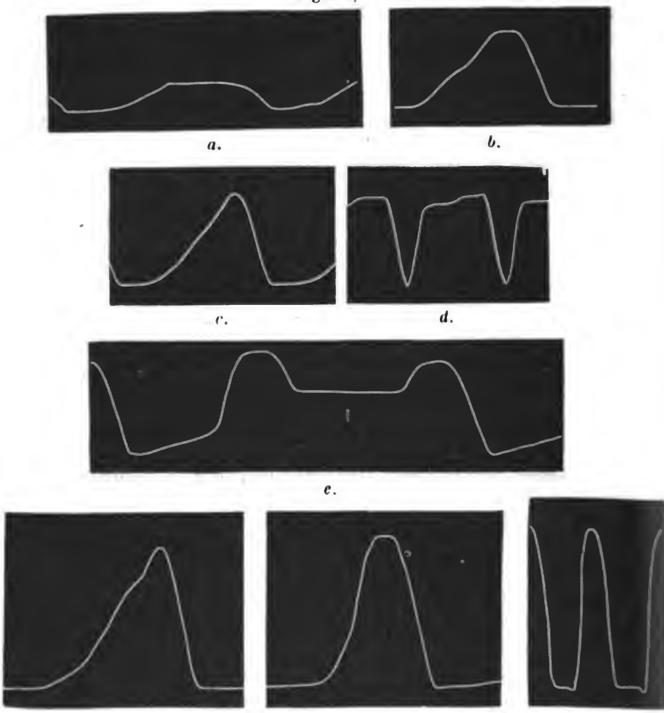
könnte mit derjenigen, welche das Herz in den tiefer stehenden Temperaturgraden besitzt. — Aber selbst wenn man nur die Erscheinungen in Betracht zieht, welche zwischen 10 bis 15° C. einerseits und derjenigen für die maximale Schlagzahl andererseits vorkommen, so finden sich auch hier häufig genug zahlreiche Unregelmässigkeiten. So begegnet man unter Anderm Doppelschlägen; die beiden Erhebungen, welche zu einem Doppelschlag gehören, sind gleich gross und folgen einander sehr rasch, während zwischen je zwei Doppelschlägen eine lange Pause liegt. In einem solchen Fall hat also die lange Pause, welche der ersten Erhebung des Doppelschlages vorausging, nicht mehr erzielt, als die kurze, welche vor der zweiten Erhebung liegt. In nicht minderem Widerspruch mit der obigen Hypothese steht die andere oft vorkommende Erscheinung, in welcher ein kräftiger Schlag mit einem schwachen regelmässig abwechselt, ohne dass dieses auch mit den Zeiten der Fall wäre, welche zur Vollendung der kleinen und grossen Schläge nothwendig sind, denn häufig vollendet sich der Schlag niederer Intensität in ganz oder nahezu in derselben Zeit, in welcher der stärkere abläuft. Hiernach scheint es mir unzweifelhaft, dass trotz des allerdings öfteren Zusammentreffens von häufigen und kleinen oder seltenen und grossen Schlägen kein nothwendiger Zusammenhang besteht zwischen der Dauer der Pause und dem Umfang der Zusammenziehung. Ich komme später noch einmal auf diesen Gegenstand zurück.

4. Über den Verlauf der Herzcontraction. Die Gestalt der Curve, welche während des Ablaufs einer Herzcontraction vom Manometer aufgezeichnet wird, ist für verschiedene Herzen durchaus nicht immer dieselbe, selbst wenn die Temperatur gleich oder nahezu gleich war. Die gegenüberstehenden Holzschnitte geben die hauptsächlichsten der Typen wieder, die sich mir bei mittlerer Temperatur dargeboten haben. Man erkennt in den Abbildungen folgende Combinationen: Rasches Aufsteigen und fast momentanes Absinken, so dass die Eigenschwingung des Quecksilbers erscheint; rasches Aufsteigen und Absinken mit tetanisch gehaltenem Gipfel; rasches Aufsteigen mit plötzlichem Übergang in die Diastole, die sich allmählig vollendet; langsames Aufsteigen, allmähliger Übergang in die Diastole und langsam vollendetes Absinken.

Ob die Ursache der Verschiedenartigkeiten in Eigenthüm-

lichkeiten der reizenden Apparate oder in denen der Nerven und Muskeln gelegen ist, würde sogleich entschieden sein,

Fig. 3 *).



f. g. h.

wenn sich nachweisen liesse, dass die Herzbewegung das Analogon einer Zuckung wäre, mit anderen Worten, dass ein einziger

*) Die Figuren sind in natürlicher Grösse; das Verhältniss zwischen Zeit und Längeneinheit der Abscisse ist an allen nahezu gleich; *b* und *c* sind von demselben Herzen zu verschiedener Zeit geliefert; dasselbe gilt von *d* und *e*, der tetanische, gebrochene Gipfel in *d* legt sich in *e* zu zwei deutlich gesonderten Erhebungen aus einander, die durch ein tetanisches Zwischenstück getrennt sind.

momentaner Reiz den Ablauf der Herzconjection veranlasste. In diesem Fall würde offenbar die Art des Ablaufs nur von den Zuständen der Nerven und Muskeln bedingt sein. Die Gründe, welche sich für die Auffassung der Herzcontraction als Zuckung beibringen lassen, erscheinen mir allerdings nicht unerheblich, namentlich gilt dies für alle diejenigen Herzschläge, welche ich die regelmässigen nennen möchte, für die nämlich, bei welchen die Curve der Herzcontraction dieselbe Form besitzt, welche auch der Zuckung eines Skeletmuskels zukommt. Zwischen beiden besteht nur der schon von *Marey* hervorgehobene Unterschied, dass die Zuckung der gewöhnlichen quergestreiften Muskeln in sehr viel kürzerer Zeit vorübergeht, als die des Herzmuskels. Dieser Unterschied bietet aber der Zurückführung beider Bewegungen auf dieselbe Art des Reizes darum keine unüberwindliche Schwierigkeit, weil bekanntlich die Herzmuskeln einen specifischen Bau besitzen.

Gründe, welche für die Auffassung des Herzschlags als Zuckung sprechen, giebt es mehrere. — Der erste derselben ist aus der Erregung abgeleitet, welche, wie *Czermak* zeigte, das schlagende Herz in dem Nerv des aufgelegten Froschschenkels inducirt. Aus einer genauern Beobachtung des zeitlichen Verlaufs dieser inducirten Bewegung erfuhr *Marey**), dass sie eine einfache Zuckung sei. Wäre, so schliesst der genannte Gelehrte, die Herzcontraction ein Tetanus, so müsste auch die inducirte Bewegung einen tetanischen Charakter besitzen, da ausnahmslos die Art der primären und der secundären Muskelcontraction einander entsprächen. — Noch überzeugender als der eben hingestellte scheint ein anderer Versuch für die Richtigkeit der discutirten Hypothese zu sprechen. Wenn nämlich durch einen momentanen elektrischen Schlag das Herz gereizt wird, welches durch erhöhte Temperatur zum Stillstand gebracht wurde, so führt dieses eine Bewegung aus, welche sich gerade so verhält, wie diejenigen, die durch den normalen innern Reiz hervorgebracht werden, also kann ein momentaner Reiz einen Herzschlag hervorrufen. Eine dauernde Reizung des Herzens, das in der Wärme still steht, ruft dagegen einen Tetanus hervor, also kann ein normaler Herzschlag nicht von einer tetanischen Reizung bedingt sein. — Für die Abhängigkeit des Ab-

*) Journal de l'anatomie et de la physiologie 1866. 403.

laufs der Zuckung von den Eigenschaften des Muskels und nicht des Reizes spricht die häufig vorhandene Erscheinung, dass das Herz aus der Verkürzung in die Erschlaffung nach demselben Modus übergeht, nach welchem es in die Verkürzung aufgestiegen war. Dieses Verhalten ist namentlich sehr auffällig ausgeprägt, wenn die Contractionscurve zum Ansteigen auf ihr Maximum eine lange Zeit verbraucht. Da man schwerlich geneigt sein wird, auch noch während der Erschlaffung die Anwesenheit von Reizen anzunehmen, so wird man den Grund für den langsamen Ablauf des auf- und absteigenden Schenkels vor Allem in der Schwerbeweglichkeit der Muskelmassen suchen dürfen. — Die letztere Anschauung gewinnt um so mehr an Wahrscheinlichkeit, weil sich die Ablaufszeiten einer ganzen Herzbewegung unter denselben Umständen verkürzen und verlängern, unter denen dieses auch im Nervmuskelpräparat geschieht, welches dem Froschschenkel entnommen ist.

Man darf jedoch nicht verkennen, dass sich am Herzen Bedingungen und Erscheinungen finden, welche mit der eben entwickelten Vorstellung schwieriger in Übereinstimmung zu bringen sind. So ist unter Andern die Herzcontraction ein Vorgang, an dem sich viele einzelne Ganglien, Nervenfäden und zahlreiche langgestreckte Muskelröhren betheiligen, welche, wie das schon angeführte Beispiel der peristaltischen Herzcontraction zeigt, nicht nothwendig auf einmal in Erregung gerathen müssen. — Wenn durch die Schwierigkeit, eine so grosse Zahl getrennter Stücke absolut gleichzeitig zu erregen, schon ein Bedenken gegen die Deutung der Herzcontraction als Zuckung liegt, so bieten, wie es mir scheint, eine noch grössere die Fälle, bei welchen das Herz, nachdem es auf das Maximum der Zusammenziehung gelangte, einige Zeit in Tetanus verharrte; ein solcher abgestutzter Gipfel, wie ihn in Fig. 3 *d* darbietet, erweckt dem Beschauer wohl sogleich die Vorstellung, als ob hier ein tetanisirender Reiz auf das Herz gewirkt habe. Freilich ist es auch möglich, dass dieses tetanische Verharren in der Contraction von der besonderen Reizbarkeit des Muskels selbst abhängig ist.

Bisher habe ich nur den Ablauf der Contractionscurve bei verschiedenen Herzen, die unter nahezu gleichen Temperaturen standen, ins Auge gefasst. Die Form der genannten Curve ändert sich jedoch auch an demselben Herzen mit der variablen

Temperatur. Die folgenden Holzschnitte lassen erkennen, dass sich im Allgemeinen mit der abnehmenden Temperatur die auf- und absteigenden Curvenschenkel mehr und mehr in die Länge ziehen. Wie sehr sich aber auch die Wirkung der Temperatur ausprägt, immerhin macht sich auch die Eigenthümlichkeit des einzelnen Herzens selbst geltend, wie eine Vergleichung der vorgelegten Beispiele 4, 5, 6, 7 darthut. — Mit der Vorführung dieser Figuren verbinde ich zugleich die Absicht, dem Leser beispielsweise eine Vorstellung von der thatsächlichen Grundlage dieser Abhandlung zu geben.

a. b. c. d. e f.

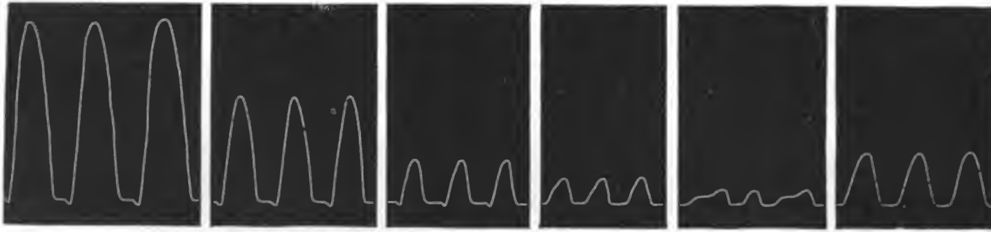


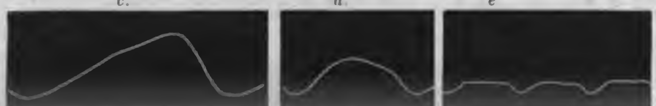
Fig. 4.

a. Das Herz mit frischem Serum gefüllt, am Ende der Diastole eine kleine Eigenschwingung, bei 19° C. — *b.* Mit derselben Füllung eine Stunde später, bei 19° C. — *c.* Nach allmähligem Erwärmen auf 24° C. — *d.* Ebenso auf 34°. — *e.* Ebenso auf 39°; das Maximum der Schlagzahlen ist schon überschritten; die Pulse werden unregelmässig; dieses deutet auf die beginnende Unregelmässigkeit der Zusammenziehung der Faser. — *f.* Allmählige Abkühlung auf 19°. Die Schläge haben wieder dieselbe Dauer wie in *b.* Die beträchtlich geringere Excursion deutet darauf hin, dass das Serum seine erhaltenden Eigenschaften verloren hat.

a. b.



c. d. e



a. Auf 3° C. — *b.* Auf 7° C. — *c.* Auf 14° C. — *d.* Auf 20° C. — *e.* Auf 28° C.

Dieser Fall ist dadurch ausgezeichnet, dass das Maximum der Excursion bis zu 30° hin noch im Wachsen begriffen ist.

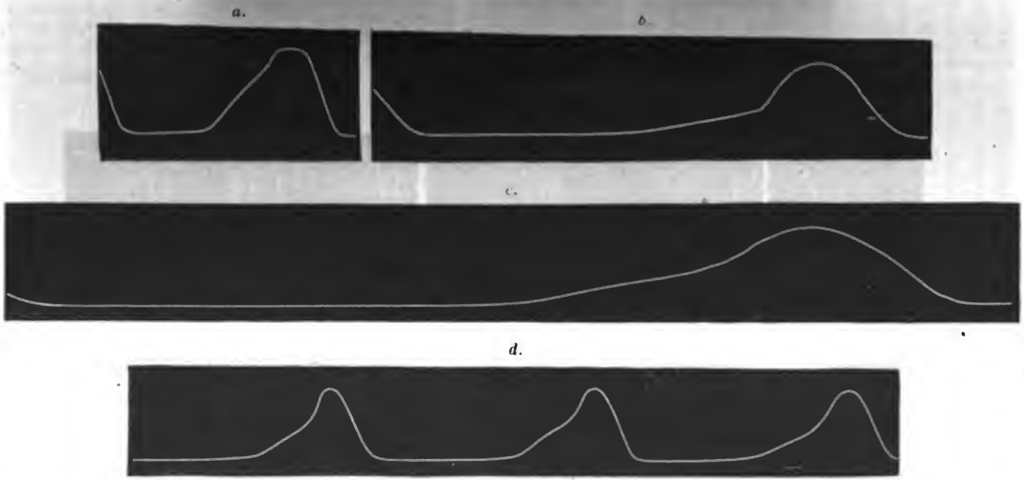


Fig. 6.

a. Auf 21° C. Allmähliges Abkühlen. — *b*. Auf 7° C — *c*. Auf 2° C. Die Dauer der Pulse nimmt zu, ihre Excursion ist unverändert. — *d*. Allmähliges Wiedererwärmen auf 21°. Die Excursion ist die frühere. Die Frequenz ist etwas geringer als sie vor der Abkuhlung bei 21° C. war.

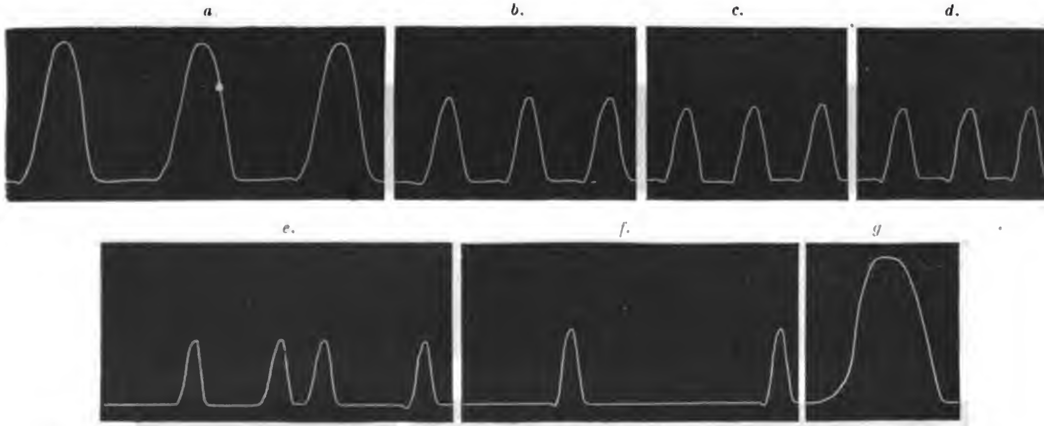


Fig. 7.

a Erwärmung auf 18⁰ C., *b* zu 26⁰, *c* zu 30⁰, *d* zu 33⁰, *e* zu 34⁰, *f* zu 35⁰, *g* Wiederabkühlen auf 18⁰.

Diese Reihe zeigt das Verhalten, dass jenseits des Maximums der Schlagzahlen der Herzstillstand durch allmählige Vergrösserung der Pausen erfolgt, während die Grösse der Excursion unverändert bleibt. — Der beim Wiederabkühlen auf 18⁰ erfolgende Schlag ist abermals langsamer, als er bei derselben Temperatur vor dem Erwärmen war. Die Excursion ist gleich der frühern.

Bei einer Vergleichung des zeitlichen Verlaufs der Schläge, welche von den verschieden temperirten Herzen ausgehen, schien es mir noch von Belang zu ermitteln, wie lange während der Zeiteinheit das Herz in der Contraction bleibt. Denn wenn das Herz in gleicher Zeit eine sehr ungleiche Zahl von Schlägen ausführt, so kann der Antheil jener Zeit, welchen es auf seine Zusammenziehung verwendet, in allen Fällen ungleich, er konnte aber auch in allen gleich sein; dieses Letztere müsste namentlich der Fall sein, wenn die Contractionszeit des einzelnen Schlags in dem Masse abgenommen, in welchem die Zahl der Schläge zugenommen. — Das Interesse, welches sich an die Beantwortung der vorgelegten Frage knüpft, liegt, wie mir scheint, darin, dass die Zeit, während welcher die Zusammenziehung besteht, einer der Factoren ist, nach denen einerseits die Anstrengung des Muskels und unter Umständen auch andererseits die Grösse (oder Zahl) des oder der Reize gemessen wird, welche die Zusammenziehung veranlassten. — Die Grundlagen für die anzustellende Vergleichung sind nun folgendermassen zu gewinnen. Von alle den Curven, welche ein Herz bei verschiedenen Temperaturgraden aufgeschrieben, nimmt man ein je gleich langes Stück; man misst dann auf jedem einzelnen dieser Stücke die Contractionsdauer aller einzelnen Herzschläge und vereinigt darauf diese separaten Werthe zu einer Summe.

Geht man zur Ausführung dieses einfachen Plans über, so erhebt sich zunächst die Vorfrage, was unter Contractionsdauer zu verstehen sei. So lange die Faserung noch nicht wieder die Länge erreicht hat, welche ihr bei Beginn der Contraction zukam, kann sie vielleicht noch als contrahirt angesehen werden; wollte man diese Anschauung acceptiren, so würde man die ganze Dauer der eigentlichen Herzbewegung (auf- und absteigenden Schenkel der Schlagcurve) zu messen haben. Statt dessen habe ich es vorgezogen, nur die Dauer der Systole im engern Wortsinn zu Grunde zu legen, also die Zeit, welche zur Vollendung des aufsteigenden Schenkels einer Schlagcurve nöthig ist. Denn in dieser Zeit, in welcher das Contractionsbestreben der Faser im Übergewicht ist, bestimmt dieses letztere ebenso wie der sie veranlassende Reiz wesentlich die Form.

Da die Messung vorzugsweise in der Absicht unternommen

wurde, um eine Vergleichung der Reize anstellen zu können, auch unter der Voraussetzung, dass statt eines momentanen ein tetanischer Reiz den Herzschlag veranlasste, so habe ich zu derselben nur die Beobachtungen verwendet, bei welchen systolische und diastolische Schenkel der Schlagcurve unmittelbar ineinander übergehen, also die ausgeschlossen, bei welchen ein tetanischer Gipfel vorhanden war. Dieses rechtfertigt sich darum, weil man, wie schon oben bemerkt wurde, im Zweifel sein kann, ob das tetanische Stück nicht etwa der besondern öfters vorkommenden Eigenthümlichkeit des Muskels zugeschrieben werden kann, auf einen momentanen Reiz mit einer tetanischen Contraction zu antworten.

Die wenigen Messungen, die ich nach Einführung dieser Beschränkung ausführen konnte, haben ergeben, dass in den Grenzen von 0 bis 18° C. die Summe der Systolendaueren in der Zeiteinheit sich annähernd immer gleich blieb. Dieses Resultat sagt also aus, dass die Dauer der einzelnen Systolen in dem Masse zugenommen, in welchem ihre Zahl in der Zeiteinheit abgenommen hat. — In dem Temperaturintervall von 18 bis 34° C. verhielt sichdie Sache nur in einem Fall ähnlich, in mehreren andern nahm dagegen die Summe der Systolendauer mit der steigenden Temperatur ab, und zwar in einem Fall so weit, dass der Antheil, welcher den sämmtlichen Systolen während der Zeiteinheit zukam, bei 34° nur die Hälfte von dem betrug, welchen sie bei 18° besessen. Hier war also die Zeit, welche die Vollendung einer Systole verbraucht, doppelt so stark gesunken, als die Zahl der Schläge in der Zeiteinheit gewachsen war.

5. Über die Arbeit, welche das Herz in der Zeiteinheit für den Blutstrom bei verschiedenen Temperaturen leisten kann. — Da der Druck, unter welchem die Flüssigkeit nach Beendigung der Systole durch das Manometer gegeben ist, und da aus den bekannten Dimensionen des Letztern und dem specifischen Gewicht des Serums das absolute Gewicht der mit jedem Schlag ausgetriebenen Masse berechnet werden kann, so geben meine Beobachtungen auch unmittelbar einen Aufschluss über den Nutzwerth des Herzens für den Blutstrom. Weil es für unsere Zwecke genügt, die proportionalen Änderungen des Nutzwerthes bei verschiedenen Temperaturen zu ermitteln, so habe ich statt seines vollen Werthes nur das Quadrat aus der Höhe genommen, um welche das Quecksilber nach vollendeter Systole über seinen

diastolischen Stand emporgestiegen war; die Berichtigung hierfür lässt sich leicht darthun. — Das Volumen der ausgetriebenen Flüssigkeit ist gegeben durch die Menge von Quecksilber, welche aus dem herzseitigen Schenkel des Manometers in den entgegengesetzten gedrängt wurde. Da immer dasselbe Manometer und für jedes einzelne Herz dasselbe Serum gebraucht wurde, so kann man, so lange es sich um proportionale Werthe handelt, statt der wahren Gewichte der ausgetriebenen Flüssigkeitssäulen nur ihre Höhe (h) setzen. Der ausgeworfene Herzinhalt ist aber vermöge der Einrichtung des Manometers auf verschiedene Höhen gehoben, namentlich aber auf alle diejenigen, welche zwischen Null und $2h$ gelegen sind; da er auf die genannten Hubhöhen gleichmässig vertheilt ist, so ist die mittlere Hubhöhe gleich h und demnach h^2 dem Nutzwerth eines Herzschlages proportional. Um hieraus die Herzarbeit in der Zeiteinheit zu berechnen, muss h^2 mit der Zahl der Herzschläge in dieser multiplicirt werden.

Aus den Thatsachen, die schon über die Änderung der Schläge nach Zahl und Umfang in verschiedenen Temperaturen mitgetheilt worden, geht ohne weiteres hervor, dass jedes Herz nur bei einem ganz bestimmten Temperaturgrad dem Blutstrom die grössten Dienste zu leisten vermag, denn der Werth desselben muss bei niederen Temperaturen geringer sein, als bei den mittleren, da sich durch die Abkühlung die Zahl der Schläge mindert, ohne dass ihr Umfang zunimmt. Ebenso wenig kann jenseits des Maximums der Schlagzahlen der Nutzeffect grösser sein, als in den Mittelgraden der Wärme, weil hier die Frequenz und die Excursion der Pulse beträchtlich abgenommen haben. Nach den Auswerthungen, welche ich auf Grundlage meiner Beobachtungen vorgenommen, liegt der maximale Nutzeffect zwischen 18 und 26° C. Beispielsweise füge ich die folgenden Zahlenangaben bei.

Temperatur.	h. in Mm.	Zahl der Schläge in 40 Secunden.	Proportionalwerth des Nutzeffects in 40 Secunden.
19° C.	4.0	27	432
25	3.3	30	327
30	2.5	34	211
32	1.9	47	169
33	1.3	77	130
34	0 5	87	22
19° C.	7.7	21	1246
(19	8.3	19	1218)
23	8 8	25	1935
26	7.8	50	3040
28	6.2	76	2888
30	3 5	109	1334
18° C.	2.3	8.5	1581
25	5.7	16 1	536
	u. s. w. abnehmend.		
18° C.	20.9	15	6552
26	13.3	26.2	4688
30	11 4	31.5	4095

6. Über die Summe der Reize, welche in der Zeiteinheit von den automatischen Erregern bei veränderlicher Temperatur ausgehen. — Als ein relatives Mass für die Summe der Reize kann im Allgemeinen die Grösse und Dauer der Muskelverkürzung gelten, vorausgesetzt, dass die Reize, welche verglichen werden sollen, auf gleich reizbare und gleich belastete Muskeln gewirkt haben.

Bestehen die zu vergleichenden Muskelbewegungen aus einfachen Zuckungen, das heisst aus Bewegungen, welche durch einen einzigen, sehr kurz dauernden Reiz hervorgerufen wurden, so wird die ungleiche Hubhöhe nur auf die ungleiche Stärke der Reize zu beziehen sein; nach *A. Fick**) ist in diesem Falle die

*) Untersuchungen über elektrische Nervenreizung 1864. S. 1 u. f.

Grösse der geleisteten Arbeit der des Reizes direct proportional.

Etwas verwickelter werden die Beziehungen, wenn durch eine rasch aufeinander folgende Reihe von Einzelreizen eine tetanische Zusammenziehung hervorgebracht wird, denn hier kann dem bekannten Summirungsgesetz von *Helmholtz* zufolge durch wenige, aber stärkere Reize derselbe Verkürzungsgrad erzeugt werden, als durch zahlreichere, aber schwächere. Zwei gleich starke Zusammenziehungen, welche durch die beiden eben erwähnten Modificationen der Reizung erzeugt worden sind, werden darum keineswegs auf eine gleiche Summe von veranlassenden Reizen schliessen lassen, und zwar um so weniger, weil sich, wie *A. Fick**) gezeigt hat, bei der tetanischen Reizung noch zwei andere Regeln geltend machen. Die erste derselben lautet nach ihm: Wenn man einen kleinen Reiz öfter hintereinander wirken lässt, so erreicht die Zusammenziehung des Muskels eine Grenze, welche bei fernerer Wiederholung dieses Reizes nicht überschritten wird; lässt man aber nun einen grössern Reiz wiederholt einwirken, so zieht sich der Muskel noch mehr zusammen. Der zweite Erfahrungssatz, welchen *Fick* aufgestellt hat, sagt aus, dass die Contraction, welche der folgende gleich grosse Reiz hervorbringt, jedesmal kleiner ist, als die, welche der vorhergehende hervorgebracht hatte. Die letztere Angabe ist von *Marey***) bestätigt worden. Dem entsprechend wird man bei der tetanischen Zusammenziehung ausser der Grösse der Contraction auch noch die Dauer derselben zu berücksichtigen haben, ein Umstand, aus dem unmittelbar hervorgeht, dass der Werth der mechanischen Arbeit nicht mehr als Mass für die Grösse der Reizung angesehen werden darf. Ohne Widerspruch zu fürchten glaube ich aber annehmen zu dürfen, dass einer tetanischen Contraction von längerer Dauer und grösserem Umfang auch eine grössere Summe von Reizen entspricht.

Bei dem Versuch, diese Regeln auf die Zusammenziehung des Herzens anzuwenden, stossen wir zunächst auf die Schwierigkeit, dass wir die wahre Verkürzung der Herzfaser nicht anzugeben vermögen, weil unsere Messungen nur den Antheil des

*) Zur vergleichenden Physiologie der irritablen Substanzen 1863. 48.

**) Journal de l'anatomie et de la physiologie 1866. 403.

Inhalts feststellen, welcher durch die Systole ausgetrieben wurde. Statt des genauern Ausdrucks wird man sich also auf die Angabe beschränken müssen, dass einem grössern Volumen an ausgestossener Flüssigkeit auch eine grössere Zusammenziehung der Herzmuskeln entspreche. Bei der bekannten Beziehung zwischen Volumen und Umfang wird man noch hinzufügen können, dass die Contraction rascher als die ausgestossene Menge wachsen muss. Ausser dieser Ungenauigkeit haftet auf unserm Versuch, die Summe der Reizgrösse für die verschiedenen Herzcontractionen zu finden, noch eine andere Schwierigkeit. Diese besteht darin, dass der Herzmuskel und seine Nerven mit der Temperatur zugleich ihre Reizbarkeit ändern.

Unter Berücksichtigung aller dieser Umstände dürfte man auf folgendes Wenige beschränkt sein. — Es bleibt unbestimmt, wie sich die Reizwerthe ändern, wenn die Temperatur unter 18° C. herabsinkt. Indem sich die Temperatur nach dieser Richtung hin bewegt, nimmt allerdings die vom Herzen geleistete Arbeit ab, und die Summe der Systolendauer nimmt nicht zu; zugleich aber mindert sich die Reizbarkeit von Muskel und Nerv sehr bedeutend. Demnach können zur Herbeiführung dieser geringern Effecte in der niedern Temperatur grössere Reize wirksam gewesen sein, als es ihrer zur Erzeugung einer grössern und anhaltendern Zusammenziehung bei höhern Temperaturen bedurft hätte.

Anders verhalten sich die Dinge von der mittlern Temperatur aufwärts. Hier nimmt die Reizbarkeit der Nerven und Muskeln zu, und ausserdem wird die Dauer und der Umfang der einzelnen Contractionen geringer. Wäre also die Summe der Reize, welche in der Zeiteinheit auf den Herzmuskel wirkte, derjenigen gleich, die bei 18 bis 26° C. auf ihn wirkt, so müsste die von dem Herzen ausgehende Arbeit jedenfalls grösser werden. Nun tritt aber gerade das Umgekehrte ein, denn wir sahen, dass in der Regel schon von 18° an aufwärts nicht allein die Arbeit, sondern auch die Summe der Systolendauer in der Zeiteinheit vermindert wurde. Daraus muss man schliessen, dass dieses auch mit den in jenem Zeitraum entwickelten Reizen der Fall sei. Auf die Gültigkeit dieses Schlusses hat es keinen Einfluss, ob man annimmt, dass sich das Herz in Folge einer momentanen oder einer tetanischen Reizung contrahire.

7. Über das Anpassen der Zahlen der Reize in der Zeitein-

heit an den Zustand der Muskelbeweglichkeit. Bekanntlich braucht jeder quergestreifte Muskel, wenn er stark abgekühlt ist und von einem momentanen Reiz getroffen wird, eine lange Zeit, um seine Zuckungen zu vollenden. Die grosse Dauer der Zuckungen muss also, da sie nicht von der Dauer des Reizes bedingt ist, von irgendwelchen Eigenschaften des Nerven und Muskels abhängig sein. Unter diesen spielt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung, welche durch die Kälte bedeutend herabgedrückt wird, unzweifelhaft eine wichtige Rolle; dass sie aber nicht allein in Betracht kommt, geht daraus hervor, weil der kalte Muskel sich nicht allein langsamer zusammenzieht, sondern weil er sich auch langsamer wieder ausdehnt. Ganz ähnlich wie alle andern quergestreiften verhält sich nun auch der Herzmuskel, was zu verschiedenen Malen in dieser Abhandlung schon hervorgehoben wurde, ebenso wie das umgekehrte Verhalten des erwärmten Herzens. Unter Berücksichtigung dieser Eigenschaft der Nerven- und Muskelmasse erscheint es nun bemerkenswerth, dass sich die Zahl der natürlichen Herzreize in der Zeiteinheit der Zeit anpasst, welche das Herz zum Ablauf einer Zuckung verbraucht. Würde das Herz in der niedern Temperatur so häufig gereizt wie in der höhern, so würde es in Tetanus verharren, eine Contractionsweise, welche den Effect des Herzens für den Blutstrom ebenso sehr beeinträchtigen würde, wie dies geschehen müsste, wenn bei höherer Temperatur die rasch ablaufenden Schläge seltener aufeinander folgten.

Zur Erklärung des Zusammenhanges zwischen den Eigenschaften der Muskel- und Nervenmasse einerseits und der reizenden Werkzeuge andererseits könnte man annehmen wollen, es bestehe eine Rückwirkung der Nerven und Muskeln auf den Erreger, so dass der Letztere erst dann wieder in Action kommen könne, nachdem die Zuckung abgelaufen sei.

Gegen diese Unterstellung sprechen jedoch häufig zu beobachtende Thatsachen. So kommt es unter andern vor, dass ein zweiter Reiz eher auf einen ersten folgt, als der im ersten Reiz entsprechende Schlag abgelaufen ist, und ebenso findet sich, dass, wenn bei niedern Temperaturen die Zahl der Schläge auf 3 bis 4 in der Minute herabgesunken ist, eine lange Pause zwischen je 2 aufeinander folgenden Schlägen eintritt.

Nach der Abweisung des eben hingestellten Zusammenhangs bleibt, wie mir scheint, keine andere Deutung der Er-

scheinung übrig, als die, dass Erreger, Nerven und Muskeln in gleichmässiger Weise von der Temperatur beeinflusst werden. Wir hätten damit nur ein bemerkenswerthes Beispiel mehr, dass die Lebensbedingungen für die Nerven und ihre natürlichen Erreger einander sehr nahe stehen. Die Bedingungen, welche die Beweglichkeit der Nerven- und Muskelmoleküle herabsetzen oder erhöhen, wirken demnach in gleicher Weise auf die erregenden Werkzeuge.

8. Über die mit der Wärme geänderte Ausdehnbarkeit des Herzmuskels. — Misst man den Abstand des niedrigsten Punktes, welchen das Herz während der Pause erreicht, von einer willkürlichen Geraden oder von dem Nullpunkt des Manometerstandes, so macht man die Beobachtung, dass dieser Abstand in verschiedenen Temperaturen einen ungleichen Werth besitzt, mit andern Worten: das Herz dehnt sich während der Pause ungleich weit aus. Diese Dehnung der Faser ist offenbar nicht in allen Fällen auf denselben Grund zurückzuführen. Ich glaube in Übereinstimmung mit den Thatsachen zu sein, wenn ich annehme, dass einestheils bei unveränderter Elasticität die Ursache der ungleichen Ausdehnung gegeben sei durch die verschiedene Dauer der Pause oder, was dasselbe sagt, durch die ungleiche Zeit, während welcher das Herz dem ausdehnenden Druck Folge leisten kann. Wir wissen aus den Erfahrungen *Wundt's*, dass die Muskelsubstanz durch ein an sie gehängtes Gewicht nur äusserst langsam ausgedehnt wird, und darum lässt sich mit Bestimmtheit sagen, dass selbst bei einer mässig raschen Schlagfolge, z. B. bei 15—20 Schlägen in der Minute, dem Herzmuskel nicht die genügende Zeit zur Erreichung seiner Gleichgewichtslage gegönnt ward; um so mehr dürfte dieses gelten, wenn die Schläge häufiger und zugleich kräftig sind, weil dann der Muskel auch noch die nach dem Maximum der Contraction zurückbleibenden Widerstände zu überwinden hat. Mit dem Vorstehenden stimmt es nun, dass jedesmal die Ausdehnung des Herzens während der Diastole geringer ist, wenn sich kräftige Schläge rascher folgen, dass sie dagegen grösser wird, wenn schwache und seltene Schläge auftreten.

Mit Hilfe dieses eben entwickelten Grundsatzes lassen sich jedoch nicht alle hier einschlagenden Erscheinungen erläutern; aus diesem Grunde bin ich geneigt anzunehmen, dass sich auch die Elasticität der Herzmuskulatur mit dem Übergange in ver-

schiedene Temperaturen ändert. Wenn sich das Herz dem Wärmegrade nähert, in welchem es das Maximum seiner Schlagzahl erreicht, so pflegt in der Regel die Ausdehnung merklich zuzunehmen. Wenn unter diesen Umständen der Umfang der Contraction ein sehr geringer geworden ist, so kann man die Schuld der grössern Ausdehnung auf die verminderte Contraction schieben, vermöge welcher die in der vorausgegangenen Pause erzielte Ausdehnung nicht wieder vollständig ausgeglichen wird. Dieser Erklärungsgrund reicht aber nicht aus, wenn, wie es öfter der Fall, zu der genannten Zeit der Umfang der Zusammenziehung noch ein bedeutenderer ist im Verhältniss zu derjenigen, die während der Normaltemperatur besteht. So habe ich unter Andern gesehen, dass das Herz bei 35 Schlägen in 40 Secunden und einer Excursion von 6,5 Mm. während der Diastole einen um 10 Mm. tiefern Stand der Quecksilbersäule erreichte, als er ihm bei der Temperatur von 20° zukam.

Noch überzeugender für die Änderung der Elasticität mit der Temperatur ist das Verhalten des Herzens während der beiden Stillstände durch hohe und niedere Temperaturen. Verharrt das Herz mehrere Minuten hindurch bei höherer Temperatur im Stillstand, so sinkt das Quecksilber in der Regel um mehrere Millimeter tiefer als zu der Zeit, wo dasselbe Herz durch niedere Temperatur in dem Stillstande verbleibt.

Es scheint mir nicht überflüssig hinzuzusetzen, dass ich diesen Gegensatz auch dann gefunden habe, wenn beim Zurückführen des Herzens aus den abweichenden in die normalen Wärmegrade wieder dieselbe Ausdehnung während der Pause eintrat, die es vor der Erwärmung und der Abkühlung besessen hatte. Diese Controle schliesst den Verdacht aus, als ob sich während des Versuchs aus irgend welchem Grunde der Inhalt des Herzens gemindert habe.

B. Wirkungen der plötzlichen Temperaturänderung auf den Herzschlag. Nachdem ich, soweit es auf Grundlage meiner Beobachtungen möglich war, die Änderungen des Herzschlags mit der allmählig veränderten Temperatur erörtert habe, werde ich jetzt zu der Beschreibung der Erscheinungen übergehen, welche sich einfinden, wenn man das Herz so rasch als möglich von höhern zu niedern Wärmegraden bringt. Nach den Erfahrungen von *Rosenthal* am gewöhnlichen quergestreiften Muskel und seinen zugehörigen Nerven musste es sehr wahrscheinlich

werden, dass auch das Herz auf plötzliche Temperaturveränderungen ganz anders reagire als auf allmählige. Diesen Erwartungen haben die Thatsachen vollkommen entsprochen. — 1. Kommt das Herz, welches bisher bei einer Temperatur von 20° bis 22° schlug, plötzlich mit Serum und Luft von 0° in Berührung, so sinken die Excursionen, die Bewegungen werden wurmförmig, und das Herz dehnt sich allmählig bedeutender aus, als dieses beim allmähligen Übergang in die niedere Temperatur zu geschehen pflegt. Verweilt nun das Herz einige Minuten in der niedern Temperatur, so wird der Umfang der Herzbewegungen wieder grösser, so dass sich das Herz so verhält, als ob es allmählig abgekühlt wird. — 2. Wenn ein Herz, das längere Zeit auf oder unter 0° gehalten wurde, plötzlich mit Serum und Luft von 40° berührt wird, so führt es eine Reihe von so rasch auf einander folgenden Schlägen aus, dass es schliesslich in einen Tetanus verfällt; dieser Tetanus kommt dadurch zu Stande, dass der jedesmal folgende Reiz früher erscheint, bevor die dem Vorhergehenden entsprechende Zuckung wieder abgelaufen ist. Die auf einander folgenden Zuckungen bringen ganz dasselbe Bild hervor, welches ein Muskel bietet, der in Tetanus versetzt wurde, durch momentane Reize, die in kürzern Zeiträumen auf einander folgten. Dieser Tetanus hält am Herzen höchstens 15 bis 30 Secunden an. Bleibt von nun an das Herz noch der höhern Temperatur ausgesetzt, so durchläuft dasselbe in 1½ bis 2 Minuten alle diejenigen Schlagarten, welche es bei allmähliger Erwärmung darzubieten pflegt. — 3. Wieder anders ist die Erscheinung, welche sich darbietet, wenn das Herz von der Normaltemperatur aus plötzlich mit Serum und Luft von 40° umspült wird. Statt dass die Schläge, wie es bei allmähliger Erwärmung der Fall, sogleich häufiger und kürzer ausfallen, werden sie nun gross und selten. Die Form der Curven, welche das Manometer anschreibt, gleicht ganz derjenigen, die man durch Reizung des Vagus bei der Normaltemperatur erhält. Die einzelnen Schläge laufen nämlich viel rascher ab, als diejenigen, welche das abgekühlte Herz ausführt, und sie sind durch grosse Pausen von einander getrennt. Diese Art zu schlagen erhält sich 1 bis 2 Minuten hin. Ist diese Zeit verflossen und bleibt alsdann das Herz noch in der hohen Temperatur, so durchläuft es wiederum die Bewegungsarten, welche uns von der allmähligen Erwärmung her bekannt sind. In dem 8. Holzschnitt

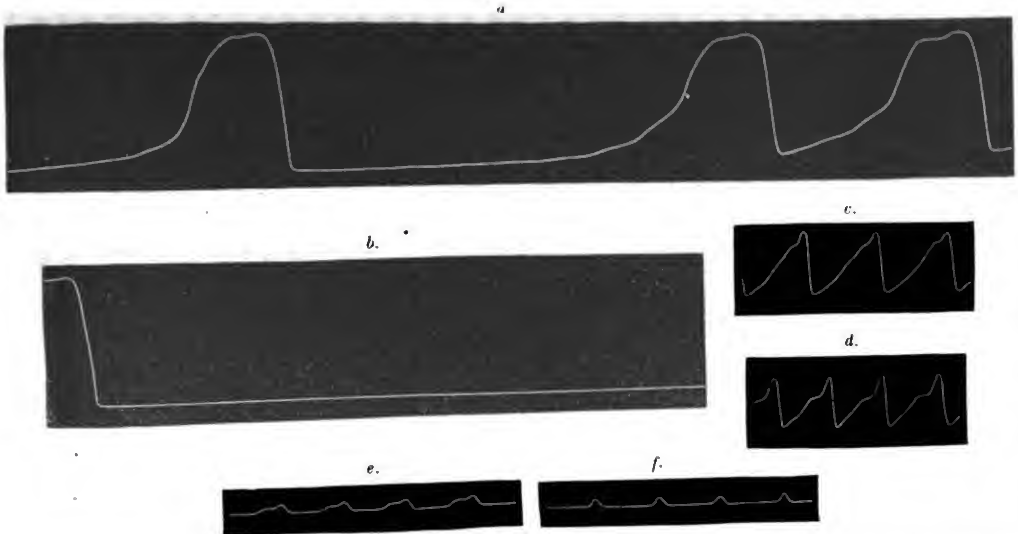


Fig. 8.

Plötzliche Erwärmung von 20° auf 40° C. — *a*. Während der beiden ersten (rechts) noch normalen Schläge Erwärmung, alsbald eine lange Pause, der ein den frühern gleicher Schlag folgt. — *b* setzt sich unmittelbar an *a* an. — Die übrigen Abbildungen geben der Reihe nach das Verhalten des Herzschlags während fortdauernder Erwärmung.

habe ich die Erscheinung wiedergegeben. — 4. Von der bisher gegebenen Beschreibung weicht das Verhalten eines Herzens ab, dessen Höhle mit einem Serum erfüllt war, welches auf einen Kubikcentimeter $1\frac{1}{2}$ bis 2 Mgr. Curare enthält. Ein auf diese Weise vergiftetes Herz verhält sich bei allmähliger Erwärmung gerade so wie das unvergiftete; bei plötzlicher Erwärmung von 20° auf 40° aber benimmt es sich in so fern anders als ein unvergiftetes, als es die grossen und seltenen Schläge desselben unterlässt. Gleich vom ersten Beginn der Erwärmung an werden die Schläge allmählig kleiner und häufiger, wie dieses beim unvergifteten Herzen erst nach dem Ablauf der grossen Schläge geschah.

C. Vergleichung der beobachteten Thatsachen mit den gegenwärtigen Vorstellungen über die Einrichtung der Erregungsapparate des Herzens. — Wie sich die Wärme in die molekularen Bewegungen einmischt, deren Resultat der rhythmische Herzreiz ist, kann gegenwärtig noch nicht der Gegenstand der theoretischen Betrachtung werden. Diese Erkenntniss zwingt uns jedoch noch nicht zu einem Verzicht auf jede Art von theoretischer Betrachtung, da uns statt eines Eingehens auf die letzten Ursachen immer noch das auf die entferntern übrig bleibt. Unbestreitbar besteht doch die Möglichkeit, dass die molekularen Vorgänge, welche an der Herzerregung betheiligt sind, sich gruppenweis zusammen ordnen, so dass der Erregungsvorgang als eine Resultirende dieser Gruppen zu betrachten wäre. Auf die Einrichtung und Verbindung dieser Gruppen können wir aber schliessen durch eine genauere Beobachtung der Herzbewegung und der Umstände, unter denen sich dieselbe ändert. In der That haben nun die Auslegungen der bis dahin gewonnenen Erfahrungen zu einer Hypothese im angedeuteten Sinne geführt.

Die Annahme, auf welche ich eben anspielte, behauptet in Übereinstimmung mit den besten Beobachtungen, dass der Erregungsapparat des Herzens aus zwei Stücken zusammengesetzt sei; das eine derselben soll die Summe der zur Verwendung kommenden Reize entwickeln, das andere (das regulirende oder hemmende) soll den rhythmischen Übergang der Reize auf die motorischen Nerven bewirken. Diese beiden Theile sind reizbar, es können also in Folge eines äussern Reizes auf sie Kräfte aus ihnen ausgelöst werden. — Den hemmenden Theil denkt sich ferner die gegenwärtig herrschende Hypothese nach Art eines

elastischen Widerstandes eingerichtet. Dieser letztere kann nun zwar mit veränderten Umständen von einem sehr ungleichen Werth sein; wenn aber die Bedingungen, unter denen das Herz lebt, sich gleich bleiben, so soll dieses auch mit dem Widerstand der Fall sein. Diese Vorstellung schliesst also insbesondere die Annahme aus, dass das regulatorische Stück sich mit den verschiedenen Phasen der Herzbewegung oscillatorisch ändere. — Das reizentwickelnde Stück soll so beschaffen sein, dass es ununterbrochen erregende Kräfte in Freiheit setzt. Diese können aber nicht in demselben Moment, in welchem sie entstanden sind, auf den motorischen Nerven überspringen, denn hieran hindert sie der elastische Widerstand des Regulators; erst dann, wenn die Erregungsursachen in Folge ihres stetigen Anwachsens eine bestimmte Spannung erhalten haben, sind sie im Stande, den elastischen Widerstand zu durchbrechen. Ist dieses letztere aber einmal geschehen, so geht auch sogleich nahezu der ganze Vorrath der angesammelten Erregung in den Nerven über. Erhebt sich alsdann der nur zeitweilig niedergedrückte Widerstand von Neuem, so ist die Summe der jetzt vorhandenen Reizkräfte nicht gross genug, um sogleich wieder einen Durchbruch veranlassen zu können, sondern es kann dieses nur geschehen, nachdem sich abermals die erregenden Kräfte summirt haben. Fügen wir hinzu, dass auch die Summe der in der Zeiteinheit entwickelten Reize mit verschiedenen Umständen ungleich gross werden kann und ferner, dass die Hemmung und der Reiz durch dieselben Bedingungen in nicht gleicher Weise afficirbar sind, so liegt es auf der Hand, dass die vorliegende Hypothese geeignet sein muss, eine sehr grosse Zahl von Erscheinungen zu umfassen.

So weit ich jedoch einsehe, kann man unter strenger Anwendung derselben nur das Zustandekommen regelmässig wiederkehrender und gleich grosser Herzschläge erklären, vorausgesetzt natürlich, dass in dem betrachteten Zeitraum die Lebensbedingungen des Herzens nicht verändert sind. Nun ist es mir aber im Verlauf meiner Untersuchung oft begegnet, dass entweder gleich starke Schläge von ganz ungleich grossen Pausen unterbrochen waren, oder dass in mehr oder weniger regelmässigem Wechsel schwächere und stärkere Schläge, und zwar so auf einander folgten, dass jeder derselben zur Vollendung aller seiner Acte gleich viel Zeit bedurfte. Diese Erfahrungen, welche

sich selbstverständlich auf Zeiten beziehen, in denen, so weit ersichtlich, die äussern Lebensbedingungen des Herzens vollkommen unverändert blieben, scheinen mir unvereinbar mit der Annahme eines constanten Widerstandes im regulatorischen Apparate. Dieser Punkt wird also künftig eine genauere Beachtung fordern.

1. Allmählig veränderte Temperatur. — Der Reihenfolge entsprechend, in der ich meine Beobachtungen mitgetheilt habe, will ich auch zuerst versuchen, wie weit sich die Erfolge der allmählig veränderten Temperatur mit Hilfe der obigen Hypothese erklären lassen. — Wenn das Herz von der mittlern Temperatur aus bis zu 0° und darunter abgekühlt wird, so muss innerhalb des Temperaturintervalles, in welchem die Zahl der Schläge, nicht aber ihr Umfang, vermindert wurde, die Kraft des Hemmungsorganes gewachsen sein. Dieses ergiebt sich daraus, weil der Umfang des einzelnen Schlags nicht kleiner geworden, trotzdem dass in Folge der niedern Temperatur die Reizbarkeit des Nerven und des Muskels herabgesetzt ist; also muss der Reiz ein stärkerer geworden sein. Nach der Summationshypothese der Reize ist dieses nur möglich, wenn die Grösse des Widerstandes für den Übergang derselben auf die Nerven gestiegen ist. Eine Bestätigung für diese Annahme scheint durch das Seltenerwerden der Schläge gegeben zu sein. Ob, wie nicht unwahrscheinlich, auch die Summe der in der Zeiteinheit freigewordenen Reize durch die Abkühlung vermindert wird, lässt sich aus schon früher angeführten Gründen (pag. 292) nicht angeben. — Der so eben aufgestellte Erklärungsgrund für die Erscheinungsweise des Herzschlags in dem augenblicklich betrachteten Temperaturintervall scheint auf den ersten Blick in Widerspruch zu stehen mit den Ergebnissen, welche die elektrische Reizung des Herzens in jener Zeit hervorruft. Setzt man nämlich bei mittlerer Temperatur zwei feine um 1 Mm. von einander abstehende Drahtspitzen an den durch das Serum ausgedehnten sinus venosus und schickt durch die Drähte einige Inductionsschläge, so steht das Herz lange Zeit hindurch still. Führt man denselben Versuch an dem Herzen aus, welches nahezu bis auf 0° abgekühlt, aber noch im Schlagen begriffen ist, so verlängert man hierdurch wohl die Pausen, aber nicht so beträchtlich, als es bei mittleren Temperaturen geschehen kann. Ist das Herz bei noch weiterer Abkühlung in einen voll-

kommenen Stillstand gerathen, so ruft nun umgekehrt die elektrische Reizung am sinus venosus einzelne Schläge des ganzen Herzens hervor. Aus diesen Thatsachen scheint allerdings zu folgen, dass die Reizbarkeit des regulatorischen Apparates gesunken ist. Damit ist aber immer noch die Annahme vereinbar, dass der Widerstand gross geblieben, welchen das Hemmungsorgan dem Übergang der Reize auf die Nerven entgegensetzt.

Auf Grundlage meiner Beobachtungen bleibt es unentschieden, warum bei immer tieferer Abkühlung die Excursionen des Schlages erst geringer und dann 0^0 werden. Es ist möglich, dass der Erregungsapparat allmählig aufhört Reize zu entwickeln; ebenso denkbar aber ist es auch, dass die Erregbarkeit der motorischen Theile zu tief gesunken ist, um auf die freigewordenen Reize noch zu antworten; diese würden demnach wirkungslos durch die Nerven fahren.

Die gesammte Gruppe von Erscheinungen, welche zu Tage kommt, wenn das Herz von der mittlern Temperatur aus allmählig bis zu dem Grade erwärmt wird, bei welchem die Schlagzahl auf ihr Maximum kommt, deutet darauf hin, dass gleichzeitig die Summe der Kräfte in dem erregenden und in dem hemmenden Centrum abnimmt. — Dass die Summe der erregenden Kräfte kleiner wird, welche in der Zeiteinheit auf die Auslösung der Contraction verwendet werden, scheint aus der in A.6 enthaltenen Betrachtung hervorzugehen. Will man aber, wenn dieses feststeht, die Beschleunigung des Herzschlags noch erklären unter Aufrechthaltung der gangbaren Hypothese, so bleibt nichts anderes übrig, als eine Schwächung der Hemmung anzunehmen, und da trotz einer steigenden Abnahme der erregenden Kräfte die Zahl der Schläge für gleiche Temperaturintervalle um so mehr wächst, je näher das Herz der Temperatur kommt, bei welcher es das Maximum seiner Schlagzahl erreicht, so muss man consequenter Weise auch folgern, dass bei jener Temperatur der Widerstand rascher als die Erzeugung von Erregung abnimmt.

Die soeben gezogene Folgerung kann aber nicht mehr als giltig betrachtet werden, wenn das Herz die Temperatur der höchsten Schlagzahl überschritten hat, denn von diesem Punkte an werden die Schläge seltener, und zugleich werden sie entweder kleiner, oder sie bleiben gleich gross. Der letztere Fall (Verlängerung der Pausen ohne gleichzeitige Abnahme des Um-

fangs der Schläge) kann offenbar nur so gedeutet werden, dass der Widerstand nicht weiter abgenommen, dass dagegen die Summe der Reize, welche in der Zeiteinheit entwickelt werden, eine geringere geworden. Im andern Falle, in welchem die Pausen wachsen und der Umfang der Schläge abnimmt, muss dagegen auch noch eine Verminderung des Widerstandes eingetreten sein.

Der Stillstand des Herzens in der Wärme erfolgt jedenfalls deshalb, weil den Reizen die genügende Stärke zur Auslösung einer Zuckung fehlt. Dieses ergiebt sich aus den bekannten Erfahrungen über das Verhalten der Nerven- und Muskelreizbarkeit in den Temperaturen des Stillstandes; für das Herz aber insbesondere daraus, weil zu jener Zeit tactile und elektrische Reize von geringem Werth sogleich einen Herzschlag hervorrufen. Es bleibt also nur fraglich, ob der Process, welcher die Reize entwickelt, seine Thätigkeit eingestellt hat, oder ob in Folge einer Lähmung des Hemmungsorgans die Einzelreize nicht mehr zu Werthen summirt werden, wie sie zur Auslösung einer Zuckung genügen. Die Erscheinungen, welche dem Stillstande unmittelbar vorausgehen, weisen allerdings darauf hin, dass Beides, die Entwickelung der Reize und die Einrichtungen zur Summirung derselben, auf ein Minimum herabgesunken ist.

In der Periode des Wärmestillstandes ist jedenfalls die Reizbarkeit des regulatorischen Apparates so gut wie aufgehoben; man kann nämlich während seines Bestehens durch die beschränkte Reizung am sinus venosus, welche am mässig temperirten Herzen unfehlbar einen Stillstand hervorruft, einen vollkommenen Tetanus der Ventrikel auslösen, der so lange anhält, als die Reizung überhaupt dauert. Insofern unterscheidet sich der im Wärmestillstand anwesende Zustand des Herzens von allen übrigen; denn bei allen übrigen Temperaturen kann eine tetanische Reizung erst die Frequenz der Schläge ausserordentlich mehren, aber niemals eine tetanische Zusammenziehung hervorrufen. Nun kann im Wärmestillstand dieses Letztere sogar von einem Orte aus geschehen, der mit Ausnahme des unter 0° erkalteten Herzens immer nur Stillstand erzeugt. Die Eigenschaften der nervösen Centralorgane müssen sich aber im Wärmestillstand auch von denen unterscheiden, die im Kältestillstand vorhanden sind; denn dort brachte die dauernde Reizung des sinus venosus nur eine Zuckung, aber keinen Tetanus hervor.

Unter Berücksichtigung dieser Thatsache kann man allerdings geneigt sein anzunehmen, dass alle Einrichtungen, welche sonst die Erfolge des äussern Reizes zu modificiren vermögen, vollkommen ausgefallen sind, mit einem Wort, dass die Organe, welche die Reize erzeugen und summiren, in einen Scheintod gefallen sind.

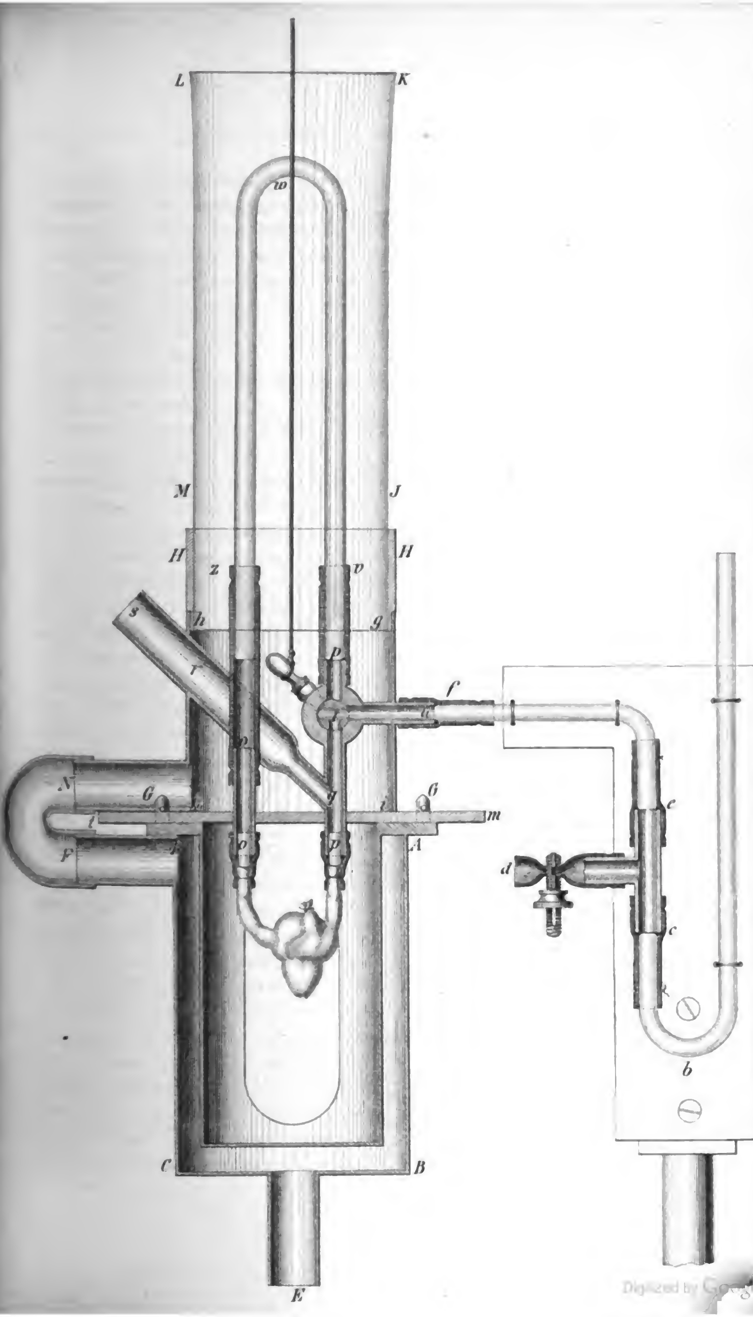
Zu dieser Annahme ist auch schon *Schelske* gelangt in Folge der Erscheinungen, welche er nach Reizung des Vagus an dem erwärmten und ruhenden Herzen eintreten sah. Während der Reizung des genannten Nerven sah er den Ventrikel in wogender Zusammenziehung (im Tetanus mit Intermissionen) begriffen. Allerdings würde dieser Erfolg, wenn er bei vollkommen isolirter Reizung des n. vagus einträte, dafür sprechen, dass die an der Bahn dieser Nerven etwa vorhandenen regulatorischen Apparate gänzlich ausser Wirksamkeit gekommen seien, denn ohne dieses konnte der n. vagus seine Function nicht umkehren. Nun scheint mir aber, wie ich aus einer häufigen Wiederholung des Versuchs von *Schelske* schliesse, dass der Verdacht einer gleichzeitigen directen Herzreizung nicht vollkommen ausgeschlossen ist. Bekanntlich muss man, um vom n. vagus aus das normal temperirte Froschherz zum Stillstand zu bringen, schon ziemlich starke Ströme anwenden, und nicht minder starker bedarf es, um von demselben Orte aus das ruhende in Zuckung zu versetzen. Unter allen Umständen werden also Stromschleifen in das Herz gehen. Da nun durch die Wärme die elektrische Leitungsfähigkeit der Nerven- und Muskelmasse erhöht ist, da die Nerven und Muskeln des Herzens reizbarer geworden, die Erregbarkeit des Hemmungsorgans dagegen herabgesetzt ist, so konnten jetzt die Stromschleifen einen Erfolg erzeugen, der ihnen vorher versagt war. — Eine mechanische oder chemische Reizung des n. vagus am erwärmten Herzen wird demnach zur Entscheidung vorzunehmen sein.

Als das Resultat der bis dahin durchgeführten Vergleichung ergiebt sich allerdings, dass meine Versuche ein experimentum crucis weder für noch wider die gangbare Hypothese enthalten, aber ich hoffe die Überzeugung geweckt zu haben, dass es noch sorgfältigeren Specialstudien, als sie bei dieser mehr auf eine allgemeine Übersicht berechneten Arbeit möglich waren, gelingen werde, manche Zusätze und Ausbesserungen in der Theorie des Herzschlags anzubringen.

Eine besondere Erklärung erfordert noch der peristaltische Ablauf der Contraction unmittelbar vor dem Herzstillstand. Rührt er davon her, dass die Erregungen in den einzelnen Heerden sich nicht mehr gleichzeitig entwickeln? oder davon, dass die Übertragungswerkzeuge, welche zwischen den verschiedenen Nervenröhren die gleichzeitige Bewegung vermitteln, ausser Wirksamkeit gekommen sind? Der elektrische Reizungsversuch spricht für die erste Annahme; man kann nämlich, wie schon erwähnt, in jener Periode durch den Inductionsschlag auf eine eng umgrenzte Stelle der Ventrikel oder der Vorhöfe eine vollkommen gleichzeitige Zusammenziehung aller Herzfasern hervorrufen.

2. Plötzlich veränderte Temperatur. — Die Erscheinungen, welche die plötzliche Temperaturveränderung im Gegensatz zur allmähligen hervorruft, und die Analogie, welche in dieser Beziehung zwischen dem Herzen und dem gewöhnlichen Nervenmuskelpräparat besteht, führen zu der Annahme, dass die plötzliche Temperaturänderung vorzugsweise reizend wirke. Es scheint mir nicht uninteressant, darauf hinzuweisen, dass sich in gewisser Beziehung der galvanische Strom und die Wärme ähnlich verhalten. Eine rasche Schwankung beider bedingt eine Reizung, während die dauernde Anwesenheit beider die Reizbarkeit umgestaltet.

Wenn aber die von 20° auf 40° C. plötzlich hereinbrechende Wärme die nervösen Herztheile reizt, so muss sie diese Wirkung vorzugsweise, entweder auf den Vagus oder auf das regulatorische Organ ausüben; denn in der That ruft die plötzliche Steigerung der Temperatur Erscheinungen hervor, wie sie sonst nach Vagusreizen eintritt. Hierfür spricht zuerst die Curve des Schlages selbst, welche, wie ich schon oben angegeben, die grösste Ähnlichkeit mit der besitzt, die man bei einer elektrischen Reizung des Vagusstammes beobachtet. Noch sicherer würde man die seltenen und starken Schläge auf eine Vagusreizung beziehen dürfen, wenn es fest stände, dass starke Dosen von Curare die Enden des herumschweifenden Nerven innerhalb des Herzens lähmten. An dem mit dem genannten Gift behandelten Herzen ruft die plötzliche Temperatursteigung jenen Schlagmodus nicht hervor. Nun wissen wir aus frühern Beobachtungen von *Heidenhain*, welche *Czermak* bestätigt hat, dass das Curare die Reizbarkeit des Vagusstammes vernichtet.


L
K
w
M
J
H
H
z
v
s
h
g
p
r
f
a
n
N
G
G
q
i
m
l
F
o
p
A
e
d
c
k
b
C
B
E

Da, wie ich mich überzeugt habe, auch an den von mir vergifteten Herzen die Reizbarkeit des Vagus erloschen war, so scheint hierdurch mein Erklärungsgrund gerechtfertigt. Wollte man einwenden, dass der bekannte Versuch von *Stannius* am curarisirten Herzen noch gelinge, und dass damit das Bestehen der Reizbarkeit in den Herzenden des Vagus bewiesen sei, so würde ich mit *Czermak* erwidern: es könne das Gelingen des Unterbindungsversuches auch aus einer directen Reizung des regulatorischen Apparates selbst abgeleitet werden, die demnach durch Curare nicht vergiftet wird. — Warum nun aber vorzugsweise durch das plötzliche Anwachsen der Temperatur der Vagus gereizt wird, könnte eben sowohl in seinen besonderen Lagerungsverhältnissen, als auch in seiner grössern Erregbarkeit begründet sein.

Der letztern Unterstellung bin ich geneigt den Vorzug zu geben, weil es dadurch erklärlich wird (p. 297), dass die von 0 auf 40° C. plötzlich gesteigerte Wärme gerade umgehrt wirkt, wie die von 20° auf 40° C. anwachsende, indem sie statt einer Pause eine secundenlange Herzcontraktion hervorruft. Möglich bleibt es allerdings, dass die Nerven und Muskeln des stark und lange erkälteten Herzens bei der plötzlichen Erwärmung in einen von ihnen unmittelbar ausgehenden Tetanus verfallen, wie es unter ähnlichen Umständen am Schenkelpräparat des Frosches so oft begegnet.

Die Reflexe eines der sensiblen Nerven des Herzens auf die motorischen der Blutgefässe.

Von

E. Cyon und **C. Ludwig.**

Mit 1 Tafel.

Die Reizung der Nerven, welche vom Gehirn und Rückenmark zum Herzen laufen, hatte, wenn wir den n. vagus ausnehmen, bis dahin keine wesentlichen Aufschlüsse gewährt; insbesondere war es bis jetzt unentschieden geblieben, ob die Erregung der genannten Nerven einen Einfluss auf die Zahl und den Umfang der Herzschläge übe. Der Mangel eines sichern Erfolgs ist um so auffallender, als die Nerven, um die es sich hier handelt, keineswegs von so unbedeutender Grösse sind, dass ihre Wirkung eine verschwindend kleine hätte sein müssen. Lag darum nicht der Gedanke nahe, dass die Aufmerksamkeit nach der falschen Seite hin gerichtet gewesen; vielleicht wirken die Nerven vom Herzen nach dem Gehirn, statt dass sie der bisherigen Annahme entsprechend Erregungen im entgegengesetzten Sinne übertragen? Von dieser Vermuthung geleitet nahmen wir uns vor, die centralen Stümpfe der durchschnittenen Herznerven zu reizen, und zu beachten, welche Folgen dieses für den Herzschlag und den Blutdruck nach sich zieht. Als den Ausgangspunkt für unsere Versuche wählten wir den Zweig, der sich vom Stamme des n. vagus hoch am Halse ablöst, und nach längerem gesonderten Verlauf in das ggl. stellatum einmündet. An diesem sehr bequem zu handhabenden Nerven wurde unsere Vermuthung sogleich bestätigt, indem wir fanden, dass er auf reflectorischem Wege den Blutdruck beträchtlich erniedrigen kann. Dieser Eigenschaft wegen schlagen wir vor, ihn künftig hin als **nervus depressor** zu bezeichnen.

Obwohl der n. depressor am lebenden Kaninchen leicht aufzufinden ist, so wollen wir doch, um jeder Verwechselung vorzubeugen, die anatomische Beschreibung seines Ursprungs und Verlaufs nicht unterlassen und beides durch eine Abbildung versinnlichen. Figur 1 lässt erkennen, dass der n. depressor mit zwei Wurzeln entspringt, die eine derselben geht aus dem Stamme des n. vagus selbst, die zweite aus einem seiner Äste, dem n. laryngeus sup. hervor. Statt eines doppelten Ursprungs hat er öfter auch nur einen einzigen, der dann gewöhnlich aus dem n. laryngeus erfolgt. Nachdem der Nerv selbständig geworden, wendet er sich zur art. carotis und legt sich dort in unmittelbarer Nähe des n. sympathicus, neben dem er, aber fortwährend von ihm getrennt, bis in die Nähe der obern Öffnung des Brustkastens hingeht. In vielen — mehr als 40 — Kaninchen haben wir nur einmal eine Ausnahme von dem bis dahin beschriebenen Verhalten gesehen. Sie bestand darin, dass der Nerv in der Mitte des Halses noch einmal zum Stamm des n. vagus einlenkte und in die Scheide desselben überging. An der Stelle des n. vagus, wo dieses geschah, zerklüftete sich dieser letztere in einen kleinen Plexus, und aus diesem ging der n. depressor von neuem gesondert hervor, um von da ab gewohnter Massen zu verlaufen. Die oben gegebene Beschreibung wird dazu dienen, um den ohnedies leicht zu findenden Nerven vor einer Verwechselung mit dem ramus descendens hypoglossi zu schützen. In der Figur 1, an welcher die in der Nähe liegenden Nerven durch die angeschriebenen Namen kenntlich sind, wurde die Lagerung derselben nicht naturgetreu wiedergegeben, weil dieses die Deutlichkeit des Ursprungs beeinträchtigt hätte. Eine einmalige Präparation der betreffenden Partie an der Kaninchenleiche wird einem Jeden genügen, um sich die fraglichen anatomischen Verhältnisse klar zu machen.

Beim Übergang unseres Nerven in die Brusthöhle wird sein Verlauf verwickelter, da er von nun an eine Verbindung mit den Nervenzweigen eingeht, welche aus dem ggl. stellatum hervortreten. Die anatomischen Verhältnisse dieser Partie sind in Figur 2 dargestellt, welche einer früheren Publikation*) entnommen ist. Das was die Zergliederung mit dem Messer erken-

*) *C. Ludwig* und *C. Thiry*, Wiener Sitzungsberichte. 49. Band. 1864.

nen lässt, ist in dieser Zeichnung deutlich angegeben. Wir brauchen darum zu ihr nur hinzuzufügen, dass die Stränge, welche aus den Ästen des ggl. stellatum und dem n. depressor bestehen, schliesslich zwischen dem Ursprunge der art. aorta und der art. pulmonalis sich in Ästchen auflösen, die sich in dem festen Bindegewebe der Verfolgung mit dem blossen Auge entziehen. Eine mikroskopische Durchforschung des weitern Verlaufs überlassen wir der Zukunft.

Die Versuche, welche wir beschreiben werden, sind durchweg an Kaninchen angestellt. Sie haben sämmtlich die Absicht, den Mitteldruck des Blutes in einer grössern Arterie und die Zahl der Pulsschläge in der Zeiteinheit zu messen. — Zur Zählung des Pulses benutzten wir einigemale das Federmanometer von *Ad. Fick*, gewöhnlich aber das Quecksilbermanometer, mit dem wir den Druck massen. Unser Manometer vollendete eine ganze Eigenschwingung in 0,84 Secunden, vorausgesetzt, dass es mit so viel Quecksilber gefüllt war, wie wir bei allen Versuchen angewendet haben, dass es ferner mit demselben Schwimmer belastet und mit der Glas-Feder, die mit Dinte gefüllt war, auf eine glatte Papiersorte schrieb. Die normale Pulszahl des Kaninchens pflegt bekanntlich nicht unter 150 in der Minute herabzusinken, so dass die Pulskurve mindestens doppelt so viele Wendepunkte in der Zeiteinheit darbietet, als diejenige, welche von den Eigenschwingungen des Manometers herrührte. Von allen andern Gründen abgesehen glauben wir darum den Zählungen des Herzschlags durch das Manometer vollkommenes Zutrauen schenken zu dürfen. Die Durchsicht unserer Pulskurven lehrt, dass diese Zuversicht auch bei viel seltnern Pulsschlägen als 150 in der Minute gerechtfertigt ist. In dem bei seltenem Pulsschlag sehr allmählig absinkenden diastolischen Schenkel der Pulskurve treten niemals Erhebungen ein in Zwischenräumen, wie sie durch die Dauer der Eigenschwingungen verlangt werden. Demnach reichen die Widerstände, welche dem Abfluss des Manometerinhaltes in das Gefässsystem hinein entgegenstehen, aus, um die Eigenschwingungen vollkommen zu vernichten.

Die genauern Zahlenangaben aus unsern Versuchen sind, um den Gang unserer Darstellungen nicht zu unterbrechen, an das Ende dieser Abhandlung verwiesen, mit fortlaufenden Num-

mern und mit Erläuterungen versehen. Wir werden im Text auf diese Nummern hinweisen.

Vor Allem war noch einmal festzustellen, dass die tetanische Reizung des peripherischen Stumpfes vom durchschnittenen n. depressor sich bei den von uns zur Beobachtung benützten Hülfsmitteln unwirksam erwies. So oft auch der Versuch angestellt wurde, jedesmal blieb Pulszahl und Blutdruck dadurch unverändert. Als Beispiel diene Versuch I.

In dem Augenblick aber, in welchem die reizenden Inductionsschläge den centralen Stumpf des durchschnittenen und wohl isolirten Nerven durchfuhren, begann der Blutdruck und zwar allmählig abzufallen. Hatte derselbe sich auf die Hälfte oder auf das Drittheil des vor der Reizung bestandenen erniedrigt, so blieb er nun bei fortdauernder Reizung auf diesem Werthe stehen, und erhob sich nach Beendigung der Reizung eben so allmählig wieder auf die Höhe, welche er vor dem Beginn des Versuches besessen hatte. Diese Änderung des Druckes beschränkte sich keineswegs auf das Blut in der Carotis, denn ein Manometer, das mit der Lichtung der art. cruralis in Verbindung steht, bietet genau dieselben Erscheinungen. Auch an der blossgelegten Aorta sind die Folgen der Reizung des n. depressor und zwar mit blossem Auge sichtbar, da die so bedeutende Erniedrigung des Drucks, wie zu erwarten stand, eine sehr merkliche Verminderung des Aortendurchmessers bedingt. Unser Phänomen dehnt sich also auf den Inhalt aller grossen Arterien aus. (Siehe die Beobachtungen I. II. III.)

Die Zeit, welche verstreicht, bevor der Druck von seinem normalen auf seinem niedrigsten Werth anlangt, ist in verschiedenen Thieren zwar nicht gleich gross, aber niemals sahen wir den Druck früher als nach fünfzehn Schlägen auf seiner geringsten Höhe ankommen. —

Nicht minder verschieden war der absolute Werth, um den sich der Mitteldruck änderte. Bei starker tetanischer Reizung der möglichst frischen Nerven sank er um 50 bis 70 mm. Quecksilber; in Verhältnisszahlen ausgedrückt, wobei der vor der Reizung gemessene Druck gleich 1,00 gesetzt wird, betrug das Minimum in der Regel zwischen 0,45 und 0,70. Ausnahmsweise trat auch noch ein stärkeres proportionales Sinken ein, wie z. B.

in XI*b*, wo während der Reizung der Druck nur 0,27 von der Normalzahl betrug.

Gleichzeitig mit dem beginnenden Absinken des Drucks stellt sich auch eine Verminderung der Pulszahl ein, vorausgesetzt, dass man nur den n. depressor durchschnitten hatte, und trotzdem, dass die Isolation des gereizten Nervenendes vollkommen genug war, um jede Spur des Verdachtes zu beseitigen, als sei der in der Nähe liegende Stamm des n. vagus von dem reizenden Strom direkt getroffen worden. Die Änderung in der Pulszahl bleibt zudem, wenn auch der Stamm des n. vagus auf der gereizten Seite ausgeschnitten war, von dem Orte an, wo der n. laryngeus superior entspringt, bis zu dem, wo der n. vagus in die Brusthöhle eindringt. (Siehe Beobachtung IV und V. Zählung mit dem Manometer von *A. Fick*.)

Danach unterliegt es keinem Zweifel, dass die Änderung der Pulszahl durch die Reizung des n. depressor hervorgerufen ist. Verfolgt man den Gang, den die Schlagfolge des Herzens nimmt, etwas genauer, so gewahrt man ausnahmslos, dass die bedeutendste Verlangsamung auf den Beginn des Versuchs fällt, also namentlich in der Zeit am merklichsten hervortritt, während welcher der Druck von seiner normalen auf seine geringste Höhe herabsteigt. Wenn er dort angelangt ist, so beschleunigt sich der Puls in der Regel und zwar in dem Masse wieder, dass er oft ganz oder nahezu auf die Zahl zurückkommt, die er vor der Reizung besessen. (Siehe unter andern V *a*.) Wird nach kürzerer oder längerer Zeit die Reizung beendigt, so schlägt das Herz, während der Druck zu seinem normalen Werth zurückkehrt, gewöhnlich schneller als vor dem Beginn der Reizung.

Die ursprünglich auftauchende Vermuthung, dass das Sinken des Drucks durch die Verlangsamung des Pulsschlags hervorgerufen wäre, scheint uns schon durch diese Beobachtung widerlegt zu werden; es hätte doch der Druck, wäre die Pulsverlangsamung Ursache des Sinkens, wieder steigen müssen, nachdem die Schlagfolge des Herzens wieder rascher geworden war. Die ganze Erscheinungsweise der langsamen Pulsschläge gewährt überhaupt den Eindruck, als ob man es mit einer reflectorischen Reizung des n. vagus zu thun habe.

Diese letztere Unterstellung war natürlich leicht zu prüfen, sie wurde bestätigt, als wir zuerst die n. vagi beiderseits durchschnitten und darauf das centrale Ende des n. depressor reizten

Geschah dieses, so sank der Druck auf 0,62, 0,53 etc., während sich die Pulszahl unverändert erhielt, oder nur um ein sehr Geringes, entweder unter oder über die Zahl schwankte, welche vor der Reizung anwesend war. (VI. Federmanometer VIII. *a.*)

Die Änderungen der Pulszahlen, welche wir vor oder nach Durchschneidung der Vagusstämme beobachteten, lässt sich, wie es scheint, leicht erklären. Wir betrachten zuerst den Fall wenn der n. depressor, während die n. vagi unversehrt sind, gereizt wird, in welchem, wie angeführt, die Pulszahlen nur so lange zu sinken pflegen, als der Druck noch nicht sehr niedrig geworden, dagegen sich trotz des bestehenden Nervenreizes wieder mehren, nachdem das Letztere eingetreten ist. Für gewöhnlich gibt der im Hirn vorhandene Druck zu der tonischen Erregung Veranlassung, die wir am n. vagus beobachten. Tritt zu diesem Reiz noch ein zweiter hinzu, wie er in unserm Fall durch den tetanisirten n. depressor ausgeübt wird, so muss die Zahl der Herzschläge natürlich noch weiter vermindert werden. Mit dem beginnenden Reiz vermindert sich aber sogleich der Blutdruck. Indem nun hierdurch einer der beiden Reize ausfällt, welche sich in den centralen Vagusenden summirten, kann es dahin kommen, dass trotz der bestehenden Erregung des n. depressor die Zahl der Pulse eben so gross wird, als sie vor jener Reizung gewesen war. — Wenn aber nach Durchschneidung der vagi während des Druckminimums in Folge der Reizung des n. depressor das Herz seltener schlägt, und umgekehrt rascher, wenn nach beendigter Reizung der Druck wieder ansteigt, so kann dieses als Folge eines Reizes angesehen werden, welchen das Blut unmittelbar auf die Flächen des Herzens ausübt. In der That ist nicht einzusehen, warum der Druck, welchen das Blut auf die innern Herzflächen ausübt, andere Folgen nach sich ziehen sollte, als wir sie in Folge anderer Druckursachen eintreten sehen. Diese wie es scheint natürliche Betrachtungsweise steht freilich im Widerspruch mit der von verschiedenen Seiten adoptirten Annahme von *Marey**), wonach das Herz um so häufiger schlagen soll, je geringere Widerstände sich seiner Entleerung entgegensetzen. Die Beweise, welche *Marey* für seine Behauptung vorbringt, erscheinen uns

*) La Circulation du Sang. Paris 1863. pag. 202 u. folg.

deshalb nicht ausreichend, weil er mit den Widerstandsänderungen, die er in dem Blutstrom anbrachte, auch den Druck innerhalb des Gehirns in gleichem Sinne wachsen liess. Da er z. B. die n. vagi nicht durchschnitten hatte, so konnten die stärkern vom Hirn ausgehenden Erregungen über die geringern Reize das Übergewicht erhalten, welche unmittelbar die Herzflächen angreifen.

Nachdem durch das Vorstehende eine einfache und wie es scheint genügende Erklärung für die durch die Reizung des n. depressor herbeigeführte Änderung in der Pulsfrequenz gegeben, und unabhängig hiervon gezeigt war, dass die Änderung des Drucks von derjenigen der Schlagfolge unabhängig ist, lag es uns ob den Mechanismus aufzusuchen, durch welchen das Sinken der arteriellen Spannung veranlasst war. Indem wir zunächst den Weg des Beweises durch Exclusion betraten, stellten wir fest, dass weder die Bewegungen des Brustkastens, noch die einer andern Skeletabtheilung in Frage kamen, denn die betreffende Erscheinung stellte sich auch noch ein, trotzdem dass der Brustkasten mittelst Durchschneidung des Sternums geöffnet, oder das Thier durch Curare vollständig narkotisirt war. Es versteht sich von selbst, dass wir in den eben genannten Versuchen die künstliche Respiration eingeleitet hatten. (V. und IX.)

Da durch die Curare-Vergiftung mit Ausnahme des Herzens und der Gefässmuskeln alle übrigen motorischen Theile ausser Thätigkeit treten, und da die Reizung des n. depressor auf reflectorischem Wege zur Geltung kam, so blieb nur noch übrig, eine reflectorisch hervorgerufene Minderung des Tonus anzunehmen, der auf das Herz und die Gefässmuskeln wirkt.

Um zu entscheiden, ob eine Verminderung der Herzkräfte oder eine solche der Widerstände in den kleinen Arterien in das Spiel kam, lösten wir zunächst das Herz aus dem Zusammenhang, den es mit dem Hirn und dem Rückenmark besitzt. Zu diesem Ende wurden die beiden n. vagi durchschnitten, und die ggl. stellata nicht blos sorgfältig herauspräparirt, sondern auch der Brusttheil des sympathischen Grenzstrangs bis zur zweiten Rippe hin vorsichtig entfernt. Die nach dem Tode mit Sorgfalt vorgenommene Zergliederung ergab, dass wir zweimal, unter den drei Versuchen, die wir überhaupt anstellten, unsere Absicht vollständig erreicht hatten. Alle jene Zweige, welche vom

ggl. stellatum zum Herzen gehen, waren eben so wie das Letztere selbst herausgeschnitten gewesen. Als an diesen so vorbereiteten Thieren das centrale Ende des n. depressor tetanisirt wurde, sank der Druck in der Carotis auf 0,45, 0,32, 0,46, 0,70, 0,42 herab, mit einem Worte, die von dem gereizten n. depressor hervorgebrachte Wirkung hatte sich unverändert erhalten, obwohl die einzigen Wege zerstört waren, durch welche der Reflex von dem Gehirn zum Herzen hätte gelangen können. (X, XI, XII.)

Es war jedoch nicht allein das schlagende Ergebniss der vorstehenden Versuche, welches uns bewog, ihre Zahl nicht weiter zu vermehren. Noch eine andere Erscheinung gibt einen deutlichen Fingerzeig dafür, dass die Reizung des n. depressor auf die Schlagkraft des Herzens ohne Einfluss ist. Der niedrige Stand des Blutdrucks zur Zeit der genannten Reizung kann nämlich sehr bald auf einen höhern, dem normalen gleichen gebracht werden, wenn man den Blutzufluss zum Herzen beschleunigt. So genügt es z. B., den Unterleib vom Becken gegen die Leber hin mit der Hand kräftig zu streichen, um den Stand des Quecksilbers, welcher durch den gereizten n. depressor gesunken war, alsbald wieder, wenn auch vorübergehend, empor zu treiben. (III, XI *b*.) Andererseits tritt das Steigen des Blutdrucks während der Reizung des n. depressor auch jedesmal ein, wenn die im Beginn der Curare-Vergiftung befindlichen Thiere in Krämpfe verfallen. (V *b*.) Diese Beobachtung steht dafür, dass das Herz mit ungeschwächter Kraft arbeitet, und dass weder an der Zahl, noch an der Stärke der Impulse, die von ihm ausgehen, der Grund für die Druckerniedrigung gesucht werden darf.

Somit blieb nichts anderes übrig, als die Erniedrigung des Drucks von einer Verminderung der Widerstände abzuleiten. Um diesen Schluss noch durch positive Beweise zu unterstützen, wendeten wir uns zu einigen Versuchen am n. splanchnicus und den von ihm abhängenden Gefässprovinzen; warum wir gerade diese Wahl trafen, wird dem begreiflich sein, der sich erinnert, dass schon früher nachgewiesen wurde, einen wie grossen Einfluss auf den Blutdruck in der Aorta die Lähmung oder Erregung der Gefässnerven des Unterleibs gewinnt. Weil es sich hier aber um eine genauere Würdigung des n. splanchnicus für seine Bedeutung als Gefässnerven handelte, haben wir zunächst

einige Versuche an ihm selbst angestellt, und da nach bekannten Erfahrungen der Zustand der Unterleibsgefässe schon durch die blosse Eröffnung der Unterleibshöhle eine wesentliche Änderung erfährt, so musste auch ihr zunächst die Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Unmittelbar nachdem die Bauchhöhle an dem sonst unverwundeten Thier durch einen ausgiebigen Schnitt in der linea alba eröffnet war, steigt der Blutdruck in der art. carotis sehr beträchtlich empor, und zugleich werden die Pulsschläge seltener. (XIII, XIV.) Diese Erhöhung des Blutdrucks ist jedoch nur vorübergehend; allmählig sinkt er ab, wenn die Bauchhöhle offen bleibt, und erreicht dann öfter einen Werth, welcher unterhalb des normalen ist. (XVII.) Dieses Absinken wird sehr beschleunigt, wenn man gleich nach Eröffnung der Unterleibshöhle einen der beiden n. splanchnici durchschneidet. Nach dieser Operation sinkt der Druck um 30—50 mm. unter den normalen. Fügt man darauf zur Verletzung des ersten auch noch die des zweiten n. splanchnicus, so sinkt der Druck zwar noch weiter herab, aber in viel geringerm Masse, als nach der Dissection des ersten Nerven, es beträgt nämlich die zweite Senkung nur noch 8—10 mm.

Nimmt man dagegen, nachdem das Absinken des Drucks in Folge der Durchschneidung des einen splanchnicus eingetreten ist, den peripherischen Stumpf des durchschnittenen Nerven zwischen die tetanisirenden Poldrähte, so steigt der Druck rasch und bedeutend empor und erlangt eine grössere Höhe, als sie vor der Durchschneidung des Nerven bestand. Dieses geschieht jedoch nur dann, wenn man den peripherischen Stumpf des durchschnittenen Nerven erregt. Aus der Reizung des centralen sahen wir (vielleicht nur zufällig?) keine Folgen für den Blutdruck hervorgehen. Diese Thatsachen lehren also, dass der n. splanchnicus diejenigen Fäden enthält, durch welche vorzugsweise jene Gefässe versorgt werden, welche für den Blutdruck bedeutungsvoll sind, und sie lehren nächstdem, dass die Reizung des genannten Nerven ähnliche Folgen bedingt, wie man sie aus der Compression der Aorta unmittelbar unter dem Zwerchfell schon von früher her kennt.

Nachdem dieses festgestellt war, unternahmen wir die Reizung des n. depressor an solchen Thieren, bei denen entweder die n. splanchnici durchschnitten waren, oder bei denen die

Aorta sogleich unterhalb des Zwerchfells bis zum Verschluss ihrer Lichtung zusammengedrückt war. Die Überlegung, welche uns zu diesen Versuchen führte, war einfach die, dass die Reizung des n. depressor entweder von gar keinen, oder von nur sehr geringen Folgen begleitet sein müsste, wenn seine Wirkung in der That darauf beruht, dass er auf reflectorischem Wege den Tonus der Arterienwandungen überhaupt, insbesondere aber den der Visceralarterien herabsetzt. Im ersteren Fall (nach Durchschneidung des n. splanchnicus) war dann das, was durch die Reizung des n. depressor herbeigeführt werden soll, im wesentlichen schon eingetreten, und im zweiten Fall (Compression der Aorta) konnte die Reizung des n. depressor natürlich nicht zur Wirkung auf die Unterleibsgefässe gelangen.

Nach beiden Richtungen hin hat der Versuch die Voraussetzung bestätigt. Der Reiz, welcher nach Durchschneidung eines n. splanchnicus auf den n. depressor trifft, bedingt zwar noch ein Absinken des Blutdrucks, aber dieses ist seinem absoluten Werthe nach viel geringer, als es vor Durchschneidung und Reizung der betreffenden Nerven eintrat, es beträgt etwa noch 11 bis 12 mm. Quecksilber. Obwohl, nach absolutem Werthe gemessen, das Sinken des Drucks unbedeutend ist, so ist es doch relativ immer noch merklich; denn setzt man den Druck nach Durchschneidung des n. splanchnicus und vor der Reizung des n. depressor gleich 1,00, so ist der während der Reizung des n. depressor vorhandene Druck gleich 0,70 bis 0,65. (XV.) Daraus geht hervor, dass die Reizung des Nerven von grösserer Bedeutung ist, als die Durchschneidung eines n. splanchnicus. Die Reizung ist aber auch noch wirksam nach der Durchschneidung beider n. splanchnici, denn abermals erfolgt nach Ausführung dieser Operation durch die nun eingeleitete Reizung des n. depressor noch ein Sinken des Blutdrucks; dieses Letztere ist jedoch seinem proportionalen und absoluten Werth nach viel geringer, als es während der Reizung nach Durchschneidung nur eines n. splanchnicus eintritt. (XV *b*.) Immerhin zeigt aber diese Erscheinung, dass die reflectorische Wirkung des n. depressor über das Gebiet der Unterleibsgefässe hinausgeht.

Zu einem ähnlichen Schluss führt die Compression der Aorta. Auch nach Ausführung dieses Handgriffs sahen wir, dass die Reizung des n. depressor, absolut und relativ genom-

men, noch in beschränktem Masse auf die Erniedrigung des Blutdrucks wirkte. In einem Falle sahen wir sogar die Erregung des n. depressor durch die Compression der Aorta vollkommen wirkungslos werden. (XVIII.) Gesetzt auch, wir wollten diesem vereinzelten Fall keine Geltung zuschreiben, so würde aus dem übrigen doch immer hervorgehen, dass der n. depressor in einer bevorzugten Beziehung zu den n. splanchnicis besteht. Die Compression der Aorta erzeugt einen so hohen Druck, dass wenn durch die Reizung unseres Nerven die noch offnen Arterien bedeutend erschlafft würden, durch sie ein sehr ausgiebiger Strom erfolgen müsste; demnach hätte unter dieser Voraussetzung durch Reizung des n. depressor mindestens eine bedeutendere absolute Herabsetzung des Drucks erfolgen müssen. Dieses war aber, wie wir sahen, nicht geschehen.

Den unmittelbarsten Beweis für die von uns vertretene Annahme über die Wirkung des n. depressor musste endlich die Betrachtung der Unterleibsorgane liefern. Wenn in den kleinen Arterien der genannten Gebilde der Widerstand beträchtlicher abnimmt, als in den entsprechenden Zuflüssen zu andern Organen, so war zu erwarten, dass sich in den Capillaren und Venen der Unterleibsorgane ein vermehrter Gehalt von Blut einfinden werde. Ob die Blutanhäufung aber gross genug werden würde, um für das blosse Auge schon deutlich hervorzutreten, muss freilich dahingestellt bleiben, da offenbar mit dem vermehrten Zufluss auch der Abfluss gewachsen ist. Wir zweifeln jedoch nicht, dass man in günstigen Fällen an den blossgelegten Schleimhautflächen des Magens und Dünndarms die Röthung gewahren werde, die wir in Folge der Reizung des n. depressor voraussetzen. Um den Einwendungen auszuweichen, welche man mit mehr oder weniger Recht den Versuchen an einem verstümmelten Organ machen könnte, haben wir lieber die Niere beobachtet. An ihr tritt nun auch in ganz unverfänglicher Weise mit der Reizung des n. depressor die Röthung ein, und sie verschwindet, wenn die Erregung des Nerven vorüber ist. Zu diesem sehr augenfälligen Versuch eignet sich jedoch die Niere nicht immer. Bekanntlich wechselt der Tonus in den kleinen Arterien der Niere mit vielen und unbekannten Umständen in der mannichfachsten Weise, so dass die blossgelegte Niere bald tief- und bald blassroth anzusehen ist. Hat man eine Niere von der letztern Färbung vor sich, dann wird na-

türlich auch der Versuch, durch Reizung des n. depressor eine Farbenänderung hervorzurufen, vorzugsweise gelingen; und diess haben wir nun in der oben beschriebenen Weise wiederholt sich ereignen gesehen.

Gestützt auf die vorstehenden Entwickelungen und Thatsachen glauben wir uns zu dem Ausspruch berechtigt, dass der n. depressor auf reflectorischem Wege den Tonus in den Gefässnerven herabzusetzen im Stande sei. Für die Lehre von den reflectorischen Hemmungen im Bereich der Gefässnerven gibt er den schlagendsten Versuch. Im Gegensatz zu den Beobachtungen *Lovèns* zeigt unser Nerv die Eigenthümlichkeit, den Reiz jedesmal, ohne dass eine Erhöhung des Tonus vorausgegangen, mit einer Erniedrigung desselben zu beantworten. In allen Thieren haben wir den Versuch gelingen sehen, so dass wir ihn für einen der sichersten Reizversuche halten müssen, der ebenbürtig zur Seite steht den entsprechenden des Halsstammes vom n. vagus auf das Herz, der chorda tympani auf die Gefässe der gland. submaxillaris, des n. erigens auf das Schwellgewebe des männlichen Gliedes.

Ausser der Bedeutung, die die Reizung des n. depressor für die Lehre von den Nervenwirkungen gewinnt, ist dieselbe nicht minder bemerkenswerth für die Beurtheilung der Erscheinungen des Blutkreislaufes.

Zu den verschiedenen schon bekannten Vorgängen, durch welche die einzelnen Stücke des Cirkulationsapparates sich gegenseitig anpassen, tritt hiermit ein neuer hinzu und gewiss kein unwichtiger, denn durch ihn vermag der wesentlichste Motor des Blutlaufs die Widerstände zu regeln, die er selbst überwinden soll. In dieser Beziehung darf man, ohne voreilig zu sein, wohl aussprechen, dass das Herz, wenn es aus Mangel an Propulsivkräften oder aus übermässigem Zufluss überfüllt und in Folge davon gereizt wird, nicht blos seine Schlagzahlen ändern, sondern auch den seiner Entleerung entgegentretenden Widerstand herabsetzen wird.

Von den zahlreichen und neuen Fragen, welche in Folge dieser Anschauung sich erheben, haben wir bis dahin nur eine in Angriff nehmen können; sie bezieht sich darauf, ob die Herzenden des n. depressor etwa in einer dauernden Erregung sind. Um hierüber Aufschluss zu erhalten, haben wir den Blutdruck in der art. carotis bestimmt und darauf beide n. depressores

durchschnitten und einige Zeit nachher von neuem den Blutdruck gemessen. Die Durchschneidung hatte, vorausgesetzt, dass die unmittelbaren Folgen der Verletzung vorüber waren, keine Veränderung des gemessenen Werthes zur Folge. (XIX).

Wir dürfen aber nicht schliessen, ohne einen noch dunklen Punkt zu berühren. Die unmittelbare Reizung des Herzens beschleunigt seine Schlagfolge, die Reizung des n. depressor, den man unter die sensiblen, beziehungsweise reflectorischen Nerven des Herzens zählen muss, bedingt an dem sonst unverstümmelten Thier eine Verminderung der Schlagzahlen. Wie ist dieser Widerspruch zu lösen? Hierauf wird der Versuch genügend antworten können, wenn die Lage der Herzenden des nerv. depressor, sei es auf anatomischem oder physiologischem Wege, ermittelt ist. —

I. Reizung des durchschnittenen n. depressor nach einander am peripherischen und am centralen Stumpf.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücke	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a. Ein n. vagus ausgeschnitten.					
Vor der Reizung . . .	104	34	1,00	1,00	
Reizung am peripherischen Stumpf	104	34	1,00	1,00	
Reizung d. centralen Stumpfes im Beginn . . .	69	30	0,66	0,88	
Reizung d. centralen Stumpfes später	55	39	0,52	1,14	
nach der Reizung im Beginn	65	40	0,62	1,17	
nach der Reizung später	72	38	0,70	1,12	
nach der Reizung später	88	38	0,84	1,12	
b. Beide n. vagi durchschnitten. Reizung des n. depressor wie *a* auf der entgegengesetzten Seite.					
Vor der Reizung . . .	101	46,5	1,00	1,00	
Reizung d. peripherischen Stumpfes	101	46	1,00	1,00	
Reizung d. centralen Stumpfes im Beginn . . .	59	40	0,59	0,86	
Reizung d. centralen Stumpfes später	49	39	0,49	0,84	
nach der Reizung . . .	89	44,5	0,85	0,95	

II. Reizung des undurchschnittenen n. depressor am unvergifteten Thier.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl		Bemerkungen.
			der Drücker	der Pulse	
a. Beide n. vagi unverletzt.					
Vor der Reizung . . .	81	16	1,00	1,00	
Während der Reizung . .	40	10	0,49	0,62	
b.					
Vor der Reizung . . .	87	15	1,00	1,00	
Während der Reizung im Beginn	—	9,5	—	0,63	
Während d. Reizung später	61	9,75	0,71	0,68	
Während der Reizung verstärkt	59	9,5	0,70	0,63	
c. Beide n. vagi durchschnitten.					
Vor der Reizung . . .	84	19	1,00	1,00	
Während der Reizung . .	44	17	0,52	0,90	

III. Reizung des undurchschnittenen n. depressor am unvergifteten Thier. Druck in der art. carotis. Ein n. vagus durchschnitten.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl		Bemerkungen.
			der Drücker	der Pulse	
a.					
Vor der Reizung im Beginn	114	62	1,00	1,00	
Während der Reizung im Beginn	—	42	—	0,67	
Während d. Reizung später	82	48	0,72	0,77	
» » » »	71	37	0,62	0,60	
» » » »	76	46	0,66	0,74	
» » » »	79	55	0,69	0,89	
» » » »	108	—	0,94	—	Ein Zusammendrükken d. Unterleibes.
» » » »	91	—	0,80	—	Wiederaufheben des Drucks.

IV. Reizung des n. depressor am unvergifteten Thiere.

	Zahl der Pulse in der Zeiteinheit	Verhältnisszahlen der Pulse vor der Reizung = 100	Bemerkungen.
a. n. n. vagi unverletzt. Pulszählung durch das Federmanometer v. *Fick*.			
Vor der Reizung . . .	28	100	
Während der Reizung im Beginn	17	0,60	Der Druck erreicht sein Minimum.
Während d. Reizung später	20	0,71	Der Druck bleibt wie oben.
Nach Ende der Reizung im Beginn	27	0,96	
Nach Ende der Reizung später	21,5	0,77	Der Druck erreicht den Stand vor d. Reizung.
Nach Ende der Reizung später	19,0	0,68	Der Druck bleibt unverändert.
b. Ein n. vagus durchschnitten.			
Vor der Reizung . . .	21,5	1,000	
Während der Reizung im Beginn	13	0,64	Das Minimum d. Drucks trat ein, als die Zahl der Pulse schon wieder im Steigen begriffen war.
Während d. Reizung später	16	0,74	

V. Ein vagus ausgeschnitten. Reizung des undurchschnittenen n. depressor.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücker	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a. Unvergiftetes Thier.					
Vor der Reizung . . .	114	62	1,00	1,00	
Während der Reizung im Beginn	—	40	—	0,64	
Während d. Reizung später	47	60	0,41	0,97	
» » » »	42	57	0,37	0,92	
Nach der Reizung . . .	90	75	0,80	1,21	
Nach der Reizung später	114	66	1,00	1,06	

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücker	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
b. Schwache Vergiftung mit Curare. Künstliche Respiration.					
Vor der Reizung . . .	177	57	1,00	1,00	
Während der Reizung . .	120	57	0,68	1,00	
Während d. Reizung später	157	67	0,88	1,17	Krämpfe des Thieres.
» » » »	128	57	0,72	1,00	Nachlass d. Krämpfe.

VI. Beide n. vagi ausgeschnitten. Pulszählung durch das Federmanometer.

	Zahl der Pulse in der Zeiteinheit	Verhältnisszahlen der Pulse vor der Reizung = 100	Bemerkungen.
Vor der Reizung . . .	103	1,00	
Während der Reizung . .	99	0,96	Der Druck erreicht sein Minimum.
Reizung beendet . . .	141	1,37	Der Druck steigt auf seinen frühern Werth.
Neue Reizung	145	1,40	Der Druck sinkt, aber nicht so tief wie während der ersten Reizg.

VII. Curare-Vergiftung. Beide n. vagi durchschnitten. Brusthöhle nicht eröffnet. Reizung der centralen Stümpfe des n. laryngeus sup. und des n. depressor.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücker	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a. Linke Seite.					
Vor der Reizung . . .	114	—	1,00	—	
Während der Reizung des n. laryngeus	160	—	1,40	—	
Während der Reizung des n. depressor	71	—	0,62	—	

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücker	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
b. Rechte Seite.					
Vor der Reizung . . .	97	—	1,00	—	
Während der Reizung des depressor	72	—	0,74	—	
Nach Beendigung d. Reizg.	101	—	1,04	—	
c.					
Vor der Reizung . . .	93	—	1,00	—	
Während der Reizung des laryngeus	158	—	1,70	—	Reizung auf mechanischem Wege.
Nach Endigung d. Reizung.	103	—	1,10	—	

VIII. Curare-Vergiftung; beide n. vagi durchschnitten.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücker	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a.					Die Verhältnisszahlen der Pulse beziehen sich auf den Mittelwerth aus den einzelnen Beobachtungen.
Vor d. Reizung der Nerven	107	61,5 56 56	1,00	1,00	
Während der Reizung des n. depressor	57	50 60,7 55 49	0,53	0,92	
b. Reizung am centralen Vagus-Stumpf unterhalb des Ursprungs vom n. depressor und am centralen Stumpf des n. depressor.					
Vor der Reizung . . .	101	—	1,00	—	
Reizg. des Vagus-Stumpfes	127	—	1,25	—	
Reizung des n. depressor	69	—	0,68	—	

IX. Curare-Vergiftung. Ein n. vagus durchschnitten, n. depressor am centralen Stumpf.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücker	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a. Künstliche Respiration bei geschlossenem Brustkasten.					
Vor der Reizung . . .	114	47	1,00	1,00	
Während der Reizung . .	53	20	0,46	0,42	
b. Brustkasten geöffnet.					
Vor der Reizung . . .	87	—	1,00	—	
Während der Reizung . .	24	—	0,27	—	
Vor der Reizung . . .	98	37	1,00	1,00	
Während der Reizung . .	34	13	0,34	0,35	

X. Curare-Vergiftung. Die beiden ggl. stellata bis auf einen Verbindungszweig zum Herzen vollkommen zerstört. Reizung des centralen Stumpfes vom n. depressor.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücker	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a.					
Vor der Reizung . . .	89	—	1,00	—	
Während der Reizung . .	40	—	0,45	—	
b.					
Vor der Reizung . . .	91	—	1,00	—	
Während der Reizung . .	29	—	0,32	—	

XI. Beide n. vagi ausgeschnitten; ggl. stellata vollständig zerstört und den Grenzstrang des n. sympathicus bis zur zweiten Rippe. Curare-Vergiftung. Reizung am centralen Ende des n. depressor.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücker	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a.					
Vor der Reizung . . .	105	22	1,00	1,00	
Während der Reizung . .	49	22	0,46	1,00	

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücker	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
b.					
Vor der Reizung . . .	84	—	1,00	—	
Vor der Reizung . . .	93	—	—	—	
Während der Reizung . .	59	—	0,70	—	
Während d. Reizung später	84	—	1,00	—	Zusammendrücken des Unterleibes.
Während d. Reizung später	59	—	0,70	—	Der Druck aus dem Unterleib wird aufgehoben.

XII. Beide ggl. stellata und n. vagi ausgeschnitten, n. depressor am centralen Ende gereizt.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücker	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
Vor der Reizung . . .	108	—	1,00	—	
Während der Reizung . .	46	23	0,42	—	
Nach der Reizung . . .	120	22	1,11	—	

XIII. Änderungen des Blutdrucks durch Eröffnung der Unterleibshöhle am übrigens unverletzten Thier.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücker	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a.					
Vor Eröffnung der Bauchhöhle	144	—	—	—	
Unmittelbar nach Eröffnung	158	—	—	—	Vollständige Ruhe des Thieres.
Verschluss der aorta abd.	169	—	—	—	

XIV. Druck während der geöffneten Bauchhöhle.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücker	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a. Das Thier im Übrigen unversehrt.					
Vor Eröffnung der Bauchhöhle	89	28	—	—	
Sogleich nach Eröffnung der Bauchhöhle . . .	149	28	—	—	
Später nach Eröffnung der Bauchhöhle	147	8(?)	—	—	
b. Curare-Vergiftung. Durchschneidung beider n. vagi. Eröffnung der Brusthöhle. Reizung des n. depressor am centralen Stumpf.					
Vor der Reizung	100	30	—	—	
Während der Reizung . .	63	33 30 29	— — —	— — —	

XV. Beide n. vagi durchschnitten und Durchschneidung erst eines, dann des andern n. splanchnicus.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücker	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a. Ein n. splanchnicus durchschnitten, n. depressor gereizt.					
Vor der Reizung . . .	39,5	54	1,00	1,00	
Während der Reizung des n. depressor	27,0	61	0,68	1,13	
b. n. splanchnicus gereizt oder Druck auf den Dünndarm.					
Vor der Reizung . . .	41	64	1,00	1,00	
Während des Drucks im Beginn	50	68	1,22	1,06	
Während d. Drucks später	57		1,39		
n. splanchnicus gereizt	115,5	76	2,80	1,18	
c. Durchschneidung des zweiten n. splanchnicus.					
Vor Reizung d. n. depressor	31,5	—	1,00	—	
Reizung des n. depressor	29	—	0,92	—	

XVI. Ein n. splanchnicus und beide n. vagi durchschnitt Reizung des n. depressor und eines n. splanchnicus.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücker	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkung
a. Reizung des n. depressor ohne u. mit Druck auf die art. aorta unterhalb der Nierenarterie.					
Vor der Reizung . . .	44	{100 {102	1,00 —	— —	
Reizg. d. n. depressor ohne Compression der aorta	32	106	0,72	—	
Reizg. d. n. depressor mit Compression der aorta	32	—	0,72	—	
b. Reizung des n. splanchnicus in seinem Verlauf nach Durchschneidung desselben am centralen u. peripherischen Stumpf.					
Vor der Reizung . . .	50	—	1,00	—	
Reizung d. n. splanchnicus vor Durchschneidung	88	—	1,76	—	
Reizungs eines peripherischen Stumpfes . . .	84	—	1,68	—	
Reizung seines centralen Stumpfes	50	—	1,00	—	

XVII. Curare-Vergiftung. Reizung des n. depressor bei glei tigem Verschluss der aorta unmittelbar unterhalb des Zwerc

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücker	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkung
Bei offener Bauchhöhle im Beginn	87	—	—	—	
Bei offener Bauchhöhle später	42	—	—	—	
Verschluss der aorta . .	—	10	—	—	
Verschluss der aorta dauernd	143	22	1,00	1,00	
Reizung des n. depressor	134	10	0,94	0,45	
Reizung beendigt; Druck auf die aorta fortdauernd	146	24	—	—	
Aortendruck beendet . .	42	—	—	—	
Alsbald	87	—	—	—	

XVIII. Der n. depressor gereizt, während die art. aorta unterhalb des Zwerchfells comprimirt wird.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücker	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
Ohne Compression u. ohne Reizung	47	20	—	—	
Compression ohne Reizung	105	16	—	—	
Compression mit Reizung	105	14	—	—	
Ohne Compression mit Reizung	38	20	—	—	
Ohne Compression ohne Reizung	47	18	—	—	

XIX. Pulszahl und Blutdruck vor, unmittelbar nach, und einige Zeit nach der Durchschneidung beider n. depressores.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücker	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a.					
Vor Durchschneidung beider	97	—	—	—	
Gleich nach Durchschneidung d. linken depressor	70	75	—	—	
Einige Minuten später . .	93	75	—	—	
b.					
Vor Durchschneidung des rechten n. depressor	103	—	—	—	
Unmittelbar danach . .	78	64	—	—	
Alsbald darauf	103	68	—	—	
10 Minuten später . . .	88	—	—	—	

Die Behandlung der thierischen Gewebe mit Argent. nitric. Über Epithelien sowie über die v. Recklinghausen'schen Saftkanälchen, als die vermeintlichen Wurzeln der Lymphgefässe.

Von

F. Schweigger-Seidel.

Von den neueren Behandlungsweisen der Gewebe zum Zwecke einer histologischen Untersuchung hat »die Versilberung« sehr bald eine ausgedehnte Anwendung erfahren. Die Gegner, welche der Methode erstanden, hatten mit ihren Einwürfen nicht durchzudringen vermocht, und erschien sie in Folge dessen so gesichert, dass es fast unnöthig genannt werden durfte, von neuem eine Prüfung der Gültigkeit ihrer Resultate vorzunehmen. Trotzdem konnte es einer unbefangenen Forschung nicht entgehen, dass nicht Alles so war, wie es sein sollte; immer wieder traten während der Beobachtung Zweifel und Bedenken hervor, die noch keine Erledigung gefunden hatten und ebensowenig einfach übergangen werden konnten.

Bei mir waren es zunächst Bedenken gegen die Saftkanäle und ihre angenommene Beziehung zum Lymphsysteme, welche mich zwangen, an die Frage nach dem *eigentlichen Wesen der Silberwirkung* heranzutreten, und lehrten mich diese Untersuchungen, dass die Zweifel gerechtfertigt waren und dass fernerhin die Methode der Versilberung nur mit Einschränkungen in Anwendung gezogen werden darf.

In der eingehenden Beweisführung, welche diese Behauptung erfordert, müssen die beiden Anwendungsweisen des salpetersauren Silbers — erstens die zur Darstellung von Zellengewebe und zweitens die zur Sichtbarmachung der Saftkanäle — wohl von einander geschieden werden, und wenn sich das Fehlerhafte der Methode auch vorzugsweise nur bei der zweiten Art de

Anwendung geltend macht, so dürfen wir doch bei unserer Betrachtung erstere nicht übergehen, weil beide eine gemeinsame Wirkungsweise des Silbers zur Grundlage haben, und weil sich aus den Versuchen nicht unwichtige Resultate über das allgemeine Verhalten der Epithelien ergeben.

1.

Bringt man Häute, namentlich solche mit einschichtigem Epithel, nach den bekannten Vorschriften mit Silberlösung in Berührung, so treten unter Einwirkung des Lichtes schwarze Linien hervor, durch die mehr oder weniger regelmässige Felder abgegrenzt werden. *v. Recklinghausen* *) und nach ihm Andere sahen die dunkeln Linien bedingungslos als Grenzen der das Epithel bildenden Zellen an und hielten sich hiernach zu der weitern Annahme für berechtigt, dass da, wo bei der Silberbehandlung ähnliche Liniennetze zum Vorschein kommen, überall besondere Zelllager vorhanden seien, wie an den feinsten Lymphgefässen, bei den Blutgefässcapillaren in den Lungenalveolen u. s. w.

Ebenso bekannt, wie dieses Alles, ist auch die Opposition, welche gegen diese Annahme erhoben wurde, da ja die fraglichen Arbeiten sämmtlich der neuesten Zeit angehören und durch die Jahresberichte hinreichend zugänglich gemacht sind.

Ich selbst kann mich in dieser Frage nur auf die Seite der erstgenannten Forscher stellen. Die Regelmässigkeit der Netze, die an bestimmten Örtlichkeiten immer wiederkehrende Form, sowie die — allerdings nicht überall gleich deutlich — nachzuweisenden Kerne im Innern der Maschen sprechen zur Genüge dafür, dass die schwarzen Linien als zufällige Bildungen nicht anzusehen sind. Ebenso wird es sich zeigen, dass von Fasern zwischen den Zellen nicht die Rede sein kann. Immerhin war eine strenge Kritik berechtigt, darauf aufmerksam zu machen, dass es zu einer gründlichen Beweisführung nothwendig sei, die Epithelmembran zu isoliren und durch die gewöhnlichen Lösungsmittel der Kittsubstanz in einzelne Plättchen zu zerlegen **).

Dieser Forderung können wir jetzt an den leicht zugänglichen serösen Häuten vollkommen Genüge leisten durch Isola-

---

*) Die Lymphgefässe und ihre Beziehung zum Bindegewebe. Berlin 1862.

**) *Henle*, Jahresbericht für 1863, S. 28.

tion der versilberten Epithelschicht, und für diese hinwiederum besitzen wir ein ausgezeichnetes Hilfsmittel im Jodserum nach der Vorschrift von *Max Schultze*, welches ungleich besser wirkt, als die zu gleichem Zwecke in Anwendung gezogene Kalilösung. Man verfährt am besten so, dass man das Membranstück einer 24stündigen Maceration im Jodserum aussetzt und dann, nach dem Abtropfen der Flüssigkeit, in der gewöhnlichen Weise mit Silber behandelt. Weniger günstig ist es, erst zu versilbern und dann das Jodserum anzuwenden, weil die Gewebsbestandtheile vor der Maceration zu bedeutend verändert werden; indess bleiben auch bei der ersten Methode die Imbibitionsverhältnisse der Zellen nicht dieselben, wesshalb man hier meist keine so eleganten Präparate erhält, als an ganz frischen Häuten. Die Isolation der Zellen selbst erreicht man durch vorsichtiges Abschaben. Man bekommt neben einzelnen Zellen grössere oder kleinere Fetzen des Epithels, je nach dem Grade der Erweichung, und erkennt an gelungenen Objecten auf das Deutlichste die Formation des Netzes schwärzlicher Leistchen und das Gebundensein desselben an die Formation des Zelllagers.

Auch auf anderem Wege lässt sich der Satz: dass Verschiedenheiten in der Gestaltung der Netze bedingt werden durch Verschiedenheiten der Zellformen, vollkommen sicher stellen und verweise ich in Bezug auf Einzelheiten auf die in letzter Zeit aus dem Leipziger physiologischen Institute hervorgegangenen Arbeiten über Pleura- und Peritonealhöhle sowie über das Zwerchfell *).

Ganz ebenso wie bei den serösen Häuten verhält es sich auch bei den Lymphsäcken der Frösche. In der Controverse zwischen *Adler* **) auf der einen und *Eberth-Bröueff* ***) auf der anderen Seite hatten letztere bereits angegeben, dass man von der Oberfläche der die Lymphsäcke durchsetzenden Nerven ein aus Zellen zusammengesetztes Häutchen abheben könne. Dasselbe Ziel, zu welchem sie nur mühsam mit einem complicirten Verfahren gelangten, erreicht man schneller durch die Anwen-

*) So erklärt sich unter anderen durch die Ungleichheit der Zellen auf der Bauchseite des Diaphragma bei Kaninchen und Meerschweinchen die Unregelmässigkeit der Netze, welche *Hartmann* (Archiv für Anatomie 1864, Taf. VI) als Beweise gegen die *v. Recklinghausen*'sche Annahme abbildet.

**) Zeitschr. für ration. Medic. 3. Bd. XXI. 160.

***) Würzb. naturwissensch. Zeitschr. Bd. V. 34.

dung des Jodserum; das Häutchen ist da und besteht aus polygonalen Platten. Beachtet man ferner die Ergebnisse der neuesten Untersuchungen über den Zusammenhang der serösen Höhlen mit dem Lymphsysteme, so wird man gegen die Annahme einer zelligen Auskleidung dieser Gefässbahnen wenig einwenden können. Für die Lymphnetze der Darmmuscularis hat bereits *Auerbach* *) gezeigt, dass die Wandung derselben ein kernhaltiges Häutchen darstellt, und ist nicht zu zweifeln, dass es auch an anderen Orten gelingen wird, die Auskleidung genauer zu demonstriren.

Nach dem bisher Angeführten ist es nicht recht ersichtlich, wesshalb die Bedeutung der schwarzen Linien an anderen Localitäten eine abweichende sein soll, und obgleich ich vorläufig nicht in der Lage bin, auf die Einwürfe gegen die Silberzeichnungen an den Blutgefässcapillaren näher einzugehen, glaube ich doch im Allgemeinen sagen zu können, dass wir in den Lösungen des Arg. nitric. ein Mittel besitzen, mit welchem wir bei gehöriger Anwendung schneller und sicherer, als auf andere Weise das Vorhandensein von gewissen Epithelien oder epithelartigen Zelllagern nachweisen können, und zwar dadurch, dass von dem Silber zuerst die Grenzschichten der Zellen verändert werden.

Um jedoch allen Einwürfen begegnen zu können, wenden wir uns jetzt zu der Frage: Auf welche Weise entstehen die schwarzen Linien, als was sind dieselben zu deuten? — Die meisten Beobachter schliessen sich *v. Recklinghausen* an. Nach ihm liegt zwischen den einzelnen Epithelzellen eine Kittsubstanz, der eine besondere Anziehungskraft für das Silber zukommt, während auf der anderen Seite *Auerbach* annimmt, dass zwischen den Zellen Furchen vorhanden seien, und dass sich in ihnen durch das Arg. nitric. Niederschläge bilden sollen.

Wir selbst gehen behufs einer näheren Erörterung davon aus, dass die in Betracht kommenden Häute im frischen Zustande von einer dünnen Schicht Serum bedeckt sind, und dass diese erfahrungsgemäss insofern von Wichtigkeit ist, als die schwarzen Liniennetze nur dann schön hervortreten, wenn die Membran frisch in serumdurchfeuchtetem Zustande mit der Silberlösung in Berührung gebracht wird. (*v. Recklinghausen.*)

---

*) *Virchow's* Arch. Bd. XXXIII. 340.

Die regen Beziehungen zwischen Höllenstein und Eiweiss sind bekannt. Fügen wir von einer etwa $\frac{1}{2}$procentigen Lösung des Salzes geringe Quantitäten zu Blutserum hinzu, so löst sich der entstandene Niederschlag wieder auf, und wir erhalten unter Einwirkung des Lichtes eine klare braungefärbte Flüssigkeit. Die Silberverbindung zeichnet sich dadurch aus, dass sie am Lichte sehr schnell und auffallend stark gebräunt wird. Tränkt man z. B. ein Stück Filtrirpapier, dessen eine Hälfte mit Serum bestrichen, in Silberlösung, so tritt das erwähnte Verhalten in auffallender Weise hervor. Wir werden später darauf Rücksicht zu nehmen haben. Weiterhin ist bekannt, dass beim Zusatz von salpetersaurem Silber zu dickflüssigeren Eiweisslösungen, wie Eiereiweiss oder Synovia, eine plötzliche Gerinnung und exquisite Häutchenbildung eintritt. Die Häutchen haben bei aller Zartheit eine nicht unbeträchtliche Festigkeit, so dass man sie gut mit Wasser abspülen kann, und zeigen sich resistent gegen Kali und Essigsäure in gewöhnlicher Anwendungsweise. Die Silberfärbung ist meist eine gleichmässige, indessen finden sich doch auch dunklere Züge um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt angeordnet, ja es können unter Umständen auch wirkliche Netze entstehen, die eine entschiedene Regelmässigkeit der Form erkennen lassen. *Hartmann*, welcher ausführlicher über derartige durch Silberniederschläge entstandene Netze berichtet, glaubt hierauf die an Epithelien hervortretenden Linien zurückführen zu können *); indess handelt es sich bei den auf dem einfachen Objectträger anwachsenden Netzen stets um mehr zufällige und secundäre Bildungen, während die Linien zwischen den Zellen in gesetzmässiger Weise und zwar, wie die directe Beobachtung lehrt, momentan auftreten, so dass sie auch vor der Reduction der Silberverbindung erkannt werden können. Der starke Glanz der frisch entstandenen Leistchen bedingt die auffallende Dunkelheit der Färbung nach eingetretener Reduction.

Es wurde übrigens im Vorhergehenden bereits Einiges angeführt, was gegen die *Hartmann*'sche Auffassung spricht. Das Einzige, was aus dem Verhalten der Silberlösung gegen Eiweiss geschlossen werden kann, ist meiner Ansicht nach die Möglichkeit, dass beim Entstehen der *Recklinghausen*'schen Linien

*) Archiv für Anatomie und Physiologie 1864.

gleiche Beziehungen zur Geltung kommen, Beziehungen, welche sich aus der folgenden Darstellung zum Theil sofort ergeben.

Behufs einer genaueren Ermittelung dieses Punktes habe ich verschiedene Versuche angestellt und habe schliesslich gelernt die Substanz, welche bei der Epithelversilberung hauptsächlich in Wirksamkeit tritt, zu entfernen, ohne die Zellen selbst zu zerstören. Man nehme zu diesem Zwecke eine Zuckerlösung von etwa 4 Proc. und lasse dieselbe vermittelst der Spritzflasche in sanftem Strome über ein frisch herausgeschnittenes Zwerchfell gleiten. Nachdem man dies, vielleicht mit einigen Unterbrechungen, eine Zeit lang fortgesetzt, lässt man die Flüssigkeit abtropfen und bringt nun erst die Silberlösung auf. Die weitere Behandlung der Präparate ist die gewöhnliche. Unter dem Einflusse des Lichtes bräunt sich die Membran, aber man wird, je nach der Gründlichkeit des Abspülens, entweder ein fast vollständiges Fehlen der Liniennetze bemerken, oder es nur in äusserster Feinheit auffinden können. Gerade Letzteres gibt den Beweis, dass die Zellen noch vorhanden sind; sie erscheinen wohl leicht getrübt und lassen hier und da einen Kern erkennen, berühren sich mit ihren Rändern in ganzer Länge oder sind etwas von einander gewichen. Auch nach dem Abspülen gelingt die Isolation durch Jodserum ohne oder mit Versilberung, und sind gerade hier die Kerne in den Maschen stellenweise sehr deutlich wahrzunehmen.

Zur Controle mag man die eine Hälfte des Zwerchfells sogleich nach dem Herausschneiden versilbern, die andere dagegen erst nach der Behandlung mit Zuckerwasser, und wird alsdann Bilder erhalten, die den beigegebenen Figuren 1 *A* und *B* gleichkommen. Es ist übrigens nicht etwa die Flüssigkeitsschicht der Zuckerlösung, welche eine energischere Einwirkung des Silbers verhindert; denn obgleich man sich zu dieser Annahme für berechtigt halten könnte, da die Dicke der schwarzen Leisten bekanntlich von der Concentration der angewendeten Lösung des Höllensteins abhängt (*Auerbach*), so ist es doch leicht dem Einwurfe zu begegnen. Man kann die Versuche mit verschiedenen Modificationen öfter wiederholen, aber immer mit demselben Erfolge. Es empfiehlt sich überhaupt bei Herstellung von Silberpräparaten ein wenn auch nur ganz kurzes Abspülen vorzunehmen, weil dadurch zunächst die Serumschichten entfernt

werden, welche mitunter unregelmässige Niederschläge und diffuse Trübungen der Präparate bedingen.

Was die Schlüsse betrifft, welche aus dem Angeführten gezogen werden müssen, so ergibt sich vor allen anderen, dass die schwarzen Linien keinem Fasersysteme entsprechen können, da man ein solches — angeblich unter dem Epithel gelegen — nicht einfach wegzuspülen vermag. Dasselbe gilt von einer organisirten Kittsubstanz, während sich, wie ich glaube, sämmtliche in Frage kommende Verhältnisse ungezwungen durch die Annahme erklären lassen, dass zwischen den mit ihren Rändern nicht verschmolzenen Zellen dünne Schichten einer eiweissartigen Substanz abgelagert sind. Dieselbe mag immerhin eine zähflüssige Beschaffenheit besitzen; sie wird als Kitt wirken können und darf demnach in diesem Sinne die *Recklinghausen*'sche Bezeichnung beibehalten werden. So wird auch eine gewisse Verbindung mit der *Auerbach*'schen Annahme erzielt.

Hiergegen scheint der Umstand zu sprechen, dass sich die Epithelien nach der Maceration im Jodserum in zusammenhängenden Fetzen isoliren lassen. Ich muss jedoch aus meinen Erfahrungen über das genannte Mittel schliessen, dass es eine wahrnehmbare Erhärtung eiweissartiger Stoffe zu bewirken im Stande ist, wenigstens zeigen sich mit Jodserum behandelte Zellen resistenter gegen Glycerin als ganz frische, und macht sich dies unter Anderem bemerkbar bei den sonst leicht vergänglichen Flimmerhaaren, welche man auf diese Weise recht gut conserviren kann. Unter anderen Verhältnissen dürfte die Kittsubstanz eine grössere Festigkeit erlangen, wie z. B. an der Oberhaut der Frösche. Sie verliert dadurch, wie mir scheint, die Fähigkeit, sich so momentan mit dem Silber zu verbinden, ist aber auch ohnedies sichtbar, während wir an frischen Epithelien einer Serosa desshalb Nichts wahrnehmen können, weil die feinen Zwischenräume zwischen den Zellen von einer mit gleichem Lichtbrechungsvermögen begabten Substanz ausgefüllt sind. Hierzu kommt noch, dass das dichte Bindegewebe unter den Zellen die Erkenntniss derselben in natürlichem Zustande geradezu unmöglich macht und muss desshalb auf den directen Nachweis der Furchen und der Zwischensubstanz verzichtet werden. Bei der geringen Dicke des Zelllagers gewähren auch Schnitte keinen sicheren Entscheid. Das Charakteristische der

Silberwirkung beruht in einer Verdichtung der Zwischensubstanz und theilweise auch der Zellsubstanz selbst.

Im Allgemeinen werden wir die Masse zwischen den Zellen wohl als eine minimale Intercellularflüssigkeit ansprechen können, und würde sich hieraus eine gradweise Immunität der zelligen Gebilde gegen das Argent. nitric. ergeben. Einen Anhaltepunkt für diese Deutung gewähren die Bilder, welche man bei Versilberung der Hodenkanälchen erhält, falls die Lösung bis in das Innere derselben gelangt ist (Fig. II). Wenigstens wüsste ich nicht, wie man die Erscheinung anders deuten will, als dass eine Substanz zwischen den Zellen schneller, als diese selbst der Einwirkung des Silbers unterliege. Analoge Verhältnisse treffen wir bei den Epithelzellen von entzündeten serösen Häuten (Fig. VI, *A*).

Ausser dem bereits Angeführten dürfte hier noch auf eine Erscheinung hingewiesen werden, welche besonders in Fig. I deutlich hervortritt. Die Zellconturen zeigen sich bei genauerer Betrachtung zwar auch nach sehr vorsichtiger Anwendung dünner Silberlösung oder nach vorangegangenem Abspülen nicht vollständig gradlinig, aber der stark gewundene Verlauf der schwarzen Linien muss entschieden als eine Folge der kräftigeren Wirkung des Höllensteins betrachtet werden, und da wir gesehen haben, dass sich die Silberlinien unter solchen Verhältnissen verbreitern, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass die Biegung der Leistchen durch eine Volumzunahme in der Längsrichtung bedingt wird. An anderen Stellen mag es sich anders verhalten, und gilt dies namentlich für die ausgesprochenen Schlangenlinien, wie sie in den feinsten Lymphgefässen zum Vorschein kommen. Bei den zackigen Formen unserer Figur an eine lebendige Contraction der Zellen zu denken, wie dies *Klebs* für das hintere Epithel der Cornea annehmbar zu machen sucht *), dürfte dessbalb nicht statthaft sein, weil den Zellen des serösen Epithels die Eigenthümlichkeiten mangeln, welche wir sonst an contractilem Protoplasma finden.

Um schliesslich mit dieser Frage zu Ende zu kommen, will ich noch der Möglichkeit gedenken, dass die Zwischensubstanz an einzelnen Punkten besonders angehäuft sein kann. Ist dies der Fall, so werden bei der Versilberung die kugeligen oder

*) Centralbl. für d. medic. Wissenschaft. 1864, 513.

spindelförmigen Anschwellungen entstehen, welche wir mitunter in die regelmässigen Liniennetze eingeschaltet finden. Ausser diesen schwarzen Massen finden wir aber zwischen den Zellen stellenweise auch helle Lücken, von einer feinen schwarzen Linie begrenzt. Abgesehen davon, welche Bedeutung diesen Löchern zukommt, wird man sie unverfänglich durch ein Auseinanderweichen der Zellgrenzen erklären können, und braucht alsdann nur noch die Annahme hinzuzufügen, dass beim Auseinanderweichen ein Theil der Zwischensubstanz an den Rändern hängen bleibt. Dieser Saum muss bei der Versilberung eine schwarze Grenzlinie geben.

Wir werden in den nachfolgenden Erörterungen nochmals auf die angenommene Zwischensubstanz Bezug zu nehmen haben.

2.

Jetzt gilt es, die Rolle zu erörtern, welche das Silber dem Bindegewebe gegenüber spielen soll. Auch hier sind, abgesehen von einzelnen früheren Beobachtungen, die Angaben *v. Recklinghausen's* massgebend geworden. Nach ihm entsteht in denjenigen Fällen, in welchen sich das Silber nicht in körnigem Niederschlage abscheidet, eine diffuse Färbung der Bindegewebsgrundsubstanz, und diese hinwiederum bedingt das Hervortreten vorhandener Hohlräume als scharf begrenzte weisse Lücken. Grössere Räume, in denen die zelligen Elemente liegen, und feinere verbindende Gänge stellen das »Saftkanalsystem« des Bindegewebes dar, welches noch dadurch eine weitergehende Bedeutung gewinnt, dass aus ihm die feinsten Lymphgefässe hervorgehen sollen. — Es durfte demnach der Versilberungsmethode als besonderes Verdienst angerechnet werden, die lang gesuchten Wurzeln der Lymphgefässe nachgewiesen zu haben.

Leider kann ich dies Verdienst als solches nicht anerkennen, hoffe vielmehr einen anderweitigen Beitrag zur Geschichte der Saftkanälchen geben zu können, welcher wenigstens insoweit, als die Versilberung dabei in Frage kommt, entscheidend sein dürfte.

In mir regten sich von vornherein Bedenken gegen die *v. Recklinghausen*'schen Saftkanäle, weil mir an gewissen Örtlichkeiten jede anatomische Grundlage für eine derartige

Bildung zu fehlen schien. In der Cornea z. B. oder in den Sehnen haben wir Fasern und Bündel und zwischen diesen Bündeln gewisse Räume. Es werden demnach die Zwischenräume als helle Lücken hervortreten, wenn sich die Substanz der Bündel färbt. In diesen Fällen werden offenbar die beim Versilbern erhaltenen Bilder durch die Configuration der Bindegewebsgrundsubstanz bedingt; wer aber, frage ich, hat an den serösen oder Synovialhäuten ohne Silber eine solche Gestaltung der Bindegewebshaut, wie sie nach den »braunen Bildern« gefordert werden muss, nachgewiesen oder auch nur nachzuweisen gesucht? *)

Wenn ich daher, um jedes Missverständniss zu vermeiden, nochmals besonders betone, dass sich meine Angaben über Saftkanälchen jetzt nur auf Pleura, Peritoneum und Synovialmembranen beziehen, so kann ich doch nicht umhin, auf ein Verhältniss von allgemeiner Bedeutung hinzuweisen. Nach den gemachten Annahmen entsprechen die weissen, verzweigten Stellen innerhalb der gefärbten Substanz den zelligen Elementen (*His*) oder wenigstens den Lücken, in welchen die Zellen liegen. Im Vorhergehenden aber sahen wir, dass zwischen den Eiweisskörpern und dem Arg. nitr. lebhafte Beziehungen vorhanden sind; wir werden im Folgenden die directe Verbindung des Salzes mit der Substanz der Zelle selbst kennen lernen, und dürfen daher wohl die Frage aufwerfen, wesshalb im Bindegewebe die Zellen stets als weisse Lücken in der Grundsubstanz erscheinen? Mag die Färbung übrigens noch so kräftig sein, nie macht sich eine Einwirkung des Silbers auf das Protoplasma der fraglichen Zellen bemerkbar. Nehmen wir hingegen recht feine Knorpelschnitte etwa vom Oberschenkelkopf eines Frosches, lassen sie 10—15 Minuten in einer halbprocentigen Lösung und spülen sie alsdann gut mit destillirtem Wasser ab, so werden mit der Grundsubstanz zugleich die Zellen gefärbt, und zwar zumeist intensiver als diese. Es handelt sich hier nicht etwa um einen körnigen Niederschlag innerhalb der Knorpelhöhle, sondern um eine gleichmässige braune Färbung ent-

*) Es ist nicht schwer, durch einfache Präparation die Grundhaut der Peritonealserosa isolirt zu gewinnen; man findet aber selbst bei genauer Untersuchung Nichts, wodurch sie sich in ihrer Textur von anderen Bindegewebshäuten unterscheiden liessen. — Vergl. die Arbeit von *C. Ludwig* und *Schweigger-Seidel* über das Zwerchfell des Kaninchens.

weder der ganzen Zelle oder des Kernes in bevorzugtem Grade. Beim Knorpel also kann die Silberlösung durch die Grundsubstanz hindurch bis zu den Zellen gelangen und diese verändern, beim Bindegewebe nicht? Wenn daher *His* annimmt, dass die weissen Lücken stark aufgequollenen Bindegewebszellen entsprechen *), so entbehrt die Behauptung jedweder Stütze, da wir keinen Grund haben, eine Unverletzlichkeit dieser Zellsubstanz dem Höllenstein gegenüber anzunehmen.

Zum Studium der Saftkanälchen an serösen Häuten hat *v. Recklinghausen* als besonders geeignet das Zwerchfell empfohlen, und in der That bietet dasselbe mannichfache Vortheile. Nur werden die Verhältnisse auf der pleuralen Seite desselben durch das Vorhandensein zahlreicher Lymphgefässe complicirter und schwerer zu beurtheilen; denn die Saftkanäle liegen nicht in gleichmässiger Schicht über die ganze Haut vertheilt, sondern nur zwischen den Gefässen, welche in Folge dessen bei der Versilberung als vielfach verbundene helle Strassen hervortreten.

Wenn ich nun in Bezug hierauf auch sagen muss, dass die mikroskopischen Bilder, welche man erhält, von *Recklinghausen* treffend geschildert sind, so kann ich doch nicht zugeben, dass alle Einwürfe, welche von Seiten der Kritik gegen die Deutung der Befunde im Speciellen erhoben werden können, berücksichtigt oder gar widerlegt wären.

Im näheren Eingehen hierauf berühre ich zuerst den Einwurf, welcher bereits von *Hartmann* gemacht ist, indem er sagt, dass man in den weissen Strassen zwischen den gebräunten Stellen nur eine Lage schwarzer Linien wahrnehmen könne, während doch eine doppelte Lage vorhanden sein müsse, wenn wirkliche Gefässe vorhanden seien. Das ist, wenngleich nur für einzelne Fälle, entschieden richtig und wird unter Anderen auch von *Hüter* anerkannt **). Derselbe glaubt zwar diesem Bedenken durch die Bemerkung begegnen zu können, dass »erfahrungsgemäss durch die Silberimprägnation von zwei sich deckenden Epithellagern fast regelmässig nur die oberflächlichste getroffen« werde, indess kann diese Entgegnung doch nicht für ausreichend erachtet werden, da auf die hier so be-

*) Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie 1863, 455.

**) *Virchow's* Arch. Bd. 36, S. 35.

tonte oberflächliche Wirkung der Silberlösung kein sehr grosser Werth gelegt werden kann, wenn man z. B. sieht, dass bei Versilberung der Hodenkanälchen die Wirkung sich sehr leicht durch die Tunica propria hindurch am Inhalte bemerkbar macht. Dem entsprechend kann man auch da, wo wirkliche Lymphgefässe vorliegen, stets zwei Lagen schwarzer Linien nachweisen, sowohl am Diaphragma als auch an anderen Orten. Wir werden desshalb nach einer anderen Erklärung suchen müssen.

Hieran schliesst sich bezüglich der Saftkanälchen ein anderer Punkt. Es liegen nämlich die Lymphgefässe entschieden unter dem Grundhäutchen der Serosa, und müssen demnach auch nach der Versilberung von demselben bedeckt sein. Wir werden desshalb von vornherein erwarten können, über den Lymphgefässen eine Schicht Saftkanälchen zu finden, falls in ihnen selbst die Silberzeichnung aufgetreten, da die bedeckende Bindegewebslage doch zuerst mit der Silberlösung in Berührung kommen musste. Nichtsdestoweniger entsprechen die Bilder dieser selbstverständlichen Forderung nicht, da die Saftkanälchen nur zwischen den Gefässen gefunden werden.

Was mich ferner im Anfange bei meinen Beobachtungen besonders beschäftigte, ist das Verhältniss der Saftkanälchen zu dem serösen Epithel, und vermisse ich in diesen Beziehungen bei *Recklinghausen* und Anderen ganz bestimmte Angaben. Ersterer führt zwar an, dass die Darstellung des Kanalsystems besser gelingt, wenn man das Epithel vorher entfernt, scheint jedoch, wie aus Fig. 1 seiner Taf. II geschlossen werden darf, anzunehmen, dass dasselbe auch unter dem erhaltenen Zelllager hervortreten könne. Ich suchte über ausgesprochenen Saftkanalbildungen die charakteristische Zeichnung des Epithels stets vergeblich, war aber auf der anderen Seite nicht im Stande, deutliche Saftkanäle hervorzurufen, wenn ich für eine ausreichende Entfernung des Epithels nach Maceration in Jodserum Sorge getragen hatte.

Eine Lösung dieser augenscheinlichen Widersprüche glaubte ich zu finden in einer genaueren Beachtung der allmähligen Veränderungen, welche die Epithelien selbst unter Einwirkung des Höllensteins eingehen können. Es ist bereits öfter erwähnt, dass bei der Silberbehandlung von Zellgeweben nicht immer bloss die schwarzen Conturlinien hervortreten, sondern dass sich unter Umständen eine diffuse Tinction ganzer Zellen bemerkbar

macht. Es darf dieselbe nicht verwechselt werden mit einer Trübung, bedingt durch einen körnigen Niederschlag auf der Oberfläche der Zelle, sondern es handelt sich hier um eine braune Färbung der Substanz selbst, um eine directe Verbindung derselben mit dem Silber. Dies wird dadurch noch deutlicher, dass der Kern in solchen Zellen meist durch seine lichtere Färbung hervortritt; er bleibt anfangs offenbar unbetheiligt und geht erst später in die allgemeine Veränderung ein. Dass dies bald früher, bald später eintritt, und dass die Einwirkung des Silbers bei der einzelnen Zelle an verschiedenen Punkten erfolgen kann, ergibt sich aus der beigefügten Zeichnung Fig. III. In derselben sind die einzelnen Zellformen von mir selbst mit möglichster Treue wiedergegeben worden, und habe ich mir nur in der Gruppirung einzelne Freiheiten erlaubt, insofern als ich die wichtigsten Formen auf einen kleineren Raum zusammengedrängt habe. Das Präparat war dem Peritoneum eines Frosches entnommen.

Gehen wir bei unserer weiteren Betrachtung von der einfachen gleichmässigen Färbung der Zellen aus (*a*), so kommen wir zu Formen, welche sich dadurch charakterisiren, dass in der dunkelbraunen Zellsubstanz sich zahlreiche helle Punkte eingefunden haben (*b*), und dass dieselbe in Folge dessen siebförmig durchlöchert erscheint. Neben diesen kleinen Löchern treten alsdann grössere Lücken auf, welche von Bogenlinien begrenzt eine zackige Gestalt besitzen (*c*). Die Vacuolen können zu mehreren in einer Zelle vorhanden sein (*d*), oder es hat sich eine einzelne grössere ausgebildet.

Hiermit wären im Allgemeinen die Umänderungen, welche eine Zelle erleiden kann, hinreichend gekennzeichnet, und kommt es beim Weiterumsichgreifen des Auflösungsprocesses nur zu einer grösseren Complication der Formen. Während nämlich anfangs die einzelnen Zellen getrennt bleiben, verwischen sich allmählig die Grenzen derselben, indem ein Zusammenfliessen der veränderten Zellsubstanzen und der gebildeten Vacuolen erfolgt. Einen solchen Fall sehen wir in unserer Figur bei *e*. Die Mannichfaltigkeit der wohl mehr zufälligen Gestaltungen ist eine so grosse, dass es durchaus unzulässig erscheint, dieselben genauer beschreiben zu wollen; es verdient jedoch noch erwähnt zu werden, dass es unter Umständen auch zur Bildung von Lücken zwischen den einzelnen Zellen kommt, wie dies durch Fig. IV

veranschaulicht wird. (Zwerchfell des Kaninchens.) Es liegt hier im Allgemeinen eine wohl unzweifelhafte Schrumpfung der mit der Silberlösung in Berührung gekommenen Substanz vor. Die Masse wird sich *in toto* zusammenziehen, wenn die Zellränder gelockert; sind sie dagegen fixirt, so wird eine Vacuolenbildung im Innern eintreten.

Während es nun in den beschriebenen Fällen durchaus wahrscheinlich ist, dass es sich um eine Veränderung der Zellen selbst handelt, kann man dies von anderen Stellen nicht gut behaupten. So scheint aus dem Vorhandensein der dunkeln Linie zwischen Zelle *a* und *b* in Fig. V vielmehr auf eine Auf- oder Unterlagerung geschlossen werden zu können (*c*); dann sieht es wieder einmal so aus, als ob eine Zelle ganz herausgefallen sei und das darunter Liegende sichtbar geworden, kurz, wir sind häufig weit davon entfernt, eine ausreichende Erklärung aller Verhältnisse geben zu können. Besonders schön sind die verwirrenden Bilder, wenn man absichtlich vor der Versilberung eine Umänderung des Zelllagers gesetzt hat. Fig. VI *A* von der Pleura eines Hundes nach länger dauernder Entzündung, erklärt sich in Folge der leichten Isolirbarkeit der Elemente durch ein Eingebettetsein rundlicher Zellen von verschiedener Grösse in eine weiche Masse, deren Vertheilung keine gleiche ist; mit dieser Erklärung reichen wir aber bei Fig. VI *B* von der Bauchwand eines Hundes (24 Stunden nach einer Einspritzung von Berliner Blau in Zuckerlösung) nicht aus. Es ist übrigens auch nicht nöthig, einen Entscheid über die einzelnen Fälle zu geben, da wir gleich sehen werden, dass es eine Art der sogenannten Saftkanalbildung ohne directe Betheiligung der Zellen gibt.

In den Arbeiten über die Versilberungsmethode findet man mehrfache Klagen über eine gewisse Unsicherheit des Verfahrens, insofern man es nicht recht in der Gewalt habe, die einfachen Liniennetze oder die Saftkanäle hervorzurufen. Dies kann aber offenbar nur so lange gelten, als man über die eigentlichen Bedingungen des Entstehens im Unklaren ist, und glaube ich jetzt diesem Mangel abhelfen zu können: Nimmt man Pleura und Peritoneum in unverändertem Zustande, so werden bei sonst vorsichtiger Anwendung der Silberlösung unausbleiblich die schwarzen Liniennetze zum Vorscheine kommen. Wenn man hingegen die Epithelien in einer b e s t i m m t e n Weise entfernt, so erzeugt das Silber mit Sicherheit Saftkanäle.

Die Entfernung des Zelllagers kann man auf verschiedene Weise vornehmen. Entweder so, dass man über die Serosa einfach mit einem Haarpinsel hinfährt, oder dadurch, dass man das ausgebreitete Membranstück auf das (mir wenigstens) kürzlich bekannt gewordene Gelatinepapier aufdrückt. Giesst man nach Abheben der Haut Silberlösung sowohl auf diese als auf das Gelatinepapier, so erhält man auf der einen Seite die blass conturirten aber ganz deutlichen Epithelzellen, auf der anderen die Saftkanälchen. In einem analogen Vorgange dürfte die günstige Wirkung des von *Recklinghausen* angegebenen Verfahrens liegen, wonach man das Zwerchfell auf mit Silberlösung durchtränktes Filtrirpapier ausbreiten soll, wenigstens erhält man unter Einwirkung des Lichtes auf das Papier nach Hinwegnahme des Membranstückes einen genauen Abdruck desselben, indem die bedeckt gewesene Fläche sich sehr schnell braun färbt. Es ist also auf dem Papier etwas sitzen geblieben und zwar, wie aus dem früher Angegebenen hervorgeht, eine Verbindung des Silbers mit Eiweiss. Bei der ungleichen Oberfläche des Papiers vermag man etwaige zellige Elemente nicht aufzufinden.

Nimmt man das Stück eines Zwerchfells, dessen Pleurafläche zur Hälfte mit dem Pinsel bestrichen, so entsteht durch die Versilberung eine äusserst scharfe Grenze zwischen Epithellager und Saftkanälen. Letztere erstrecken sich nicht unter die Zellen. Sie sind in der Grenzschicht am schönsten ausgebildet, verlieren sich von hier aus allmählig und können schliesslich ganz verschwunden sein, wenn man an Stellen kommt, welche etwas kräftiger mit dem Pinsel bearbeitet. Sollte das Saftkanal führende Bindegewebe unter dem Pinsel verloren gegangen sein? Gewiss nicht; denn es gibt ein anderes Verfahren, welches zu einem gleichen Resultat führt, ohne dass ihm derselbe Vorwurf gemacht werden kann. Wenn man nämlich ein Centrum tendin. nach vorsichtigster Anwendung des Pinsels oder nach dem Aufdrücken auf Gelatinepapier, wie früher das Epithel, mit Zuckerwasser abspült, so bleibt die Bildung der Saftkanäle aus oder entsteht nur in sehr unvollkommenem Grade, je nachdem man den Flüssigkeitsstrom längere oder kürzere Zeit über das Präparat fliessen liess. Dasselbe ereignet sich, wie angeführt, nach genügender Entfernung des in Jodserum macerirten Epithels durch Abstreifen. Auch nach Anwendung dieses Verfahrens vermag man Saftkanälchen gar nicht oder nur andeutungsweise herzu-

stellen. Dass das Zuckerwasser nicht etwa eine Veränderung des Gewebes bedingt, welche die Silberwirkung unmöglich macht, kann man durch Einlegen einer Froschcornea in die angewendete Lösung darthun. Selbst nach mehrstündigem Liegen färbt sich die Zwischensubstanz noch ganz gut.

Nimmt man zu diesen Beobachtungen die bereits mitgetheilten hinzu, so kann man den Ausspruch wagen, dass die sogenannten Saftkanälchen in den hier behandelten Fällen mit Bindegewebe gar nichts zu thun haben. Vielmehr wird aus den Untersuchungen der Synovialmembranen deutlich hervorgehen, dass in dünnen Schichten einer eiweissartigen Substanz durch Silberlösungen ganz analoge Bildungen hervorgerufen werden können. Gegen die Annahme einer solchen Schicht unter den serösen Epithelien scheint mir nichts zu sprechen, da wir so zu der Frage berechtigt sind, durch was die platten, jedes Fortsatzes entbehrenden Zellen auf dem Grundhäutchen festgehalten werden. Hier haben wir eine Masse, welche die Aufkittung bewirkt; es ist dieselbe, welche in die Furchen zwischen die Zellen eindringt und deren Verklebung veranlasst. Sie verdient eine genauere Beachtung, denn einerseits kann ich jetzt schon sagen, dass sie nicht überall gleichmässig entwickelt ist, und anderseits lässt sich von vornherein nicht absehen, inwieweit sie für die Ernährung und eine etwaige Regeneration der Zellen von Bedeutung ist. Besser aber als durch Silberlösung scheint sie mir nicht demonstrirt werden zu können.

Vergleicht man übrigens unsere Figuren mit den Abbildungen, welche *v. Recklinghausen* und Andere gegeben haben, so kann es nicht zweifelhaft sein, dass wir dasselbe vor uns hatten. Die vermeintliche dunkel gefärbte Bindegewebs-Grundsubstanz entspricht der durch die Verbindung mit Argent. nitric. veränderten Eiweisssubstanz, theils der Zellen selbst, theils der Kittmasse, und die Saftkanäle entsprechen dem Systeme von Lücken, welche durch den Zerfall der Substanz in einzelne, unregelmässig gestaltete Massen entstanden und ihre eigenthümliche Form erhalten haben. Die sich durchschnittlich wohl ziemlich gleichbleibende Beschaffenheit und Dicke der Eiweissschicht bietet die Bedingungen für eine gewisse Regelmässigkeit der Bilder, obwohl dieselbe zugestandenermassen keine sehr grosse ist. Es ist doch eigentlich stets nur der allgemeinste Typus der Bildungen der gleiche.

Nothwendigerweise haben wir jetzt noch auf das Verhältniss einzugehen, welches zwischen besagten Saftkanälchen und den Lymphgefässen obwalten soll, weil es nicht ersichtlich, wie sich das Fehlen derselben über den Lymphgefässen des Centrum tendin. erklären lässt. Dass dies mit der *Recklinghausen*'schen Voraussetzung nicht geht, wurde bereits erwähnt, aber auch unsere Deutung scheint nicht darauf zu passen. Etwaige Strassen unveränderten Epithels als Ausdruck von Gefässbahnen ansehen zu wollen, ist nicht statthaft, denn abgesehen von der geradlinigen Begrenzung ist die Form der Liniennetze eine ganz andere. In den Lymphgefässen finden wir spindelförmige Maschen, deren beide Lagen sich gewöhnlich kreuzen (Fig. IX). Injection allein oder mit nachfolgender Versilberung lassen über die Natur der Bahnen gar keinen Zweifel, und müssen alle Einwürfe in dieser Beziehung als ungerechtfertigt zurückgewiesen werden.

Über diesen Punkt Folgendes: Legt man ein frisches Zwerchfell vom Kaninchen mit der Peritonealseite auf eine Glasplatte und schüttet nach gehöriger Ausbreitung auf die freie Seite Silberlösung, so machen sich bei beginnender Oberflächentrübung durchscheinende Bahnen bemerkbar, welche nach der Reduction der Silberverbindung um so deutlicher werden. Sie haben einen ganz charakteristischen Verlauf und entsprechen den Lymphnetzen. Die Präparate, zu deren Darstellung sich besonders die hinteren Abschnitte des Centrum tendin. empfehlen, sind so leicht zu gewinnen, dass dem bereits Bekannten nichts Weiteres hinzugefügt zu werden braucht.

Uns interessirt hier nur der Umstand, dass an solchen Präparaten die Epithellage vollständig erhalten sein kann, aber insoweit ein bisher nicht beachtetes Verhalten darbieten, als die Zellen über den Gefässen eine andere Beschaffenheit zeigen, als zwischen denselben. Bei intensiverer Silberwirkung ist der Unterschied auffälliger. — Die Zellen, welche die Lymphbahnen bedecken, sind hell, von zarten Linien eingefasst (Fig. VII *a*), die innerhalb der Gefässmaschen dunkel gefärbt mit meist sichtbarem Kern und breiteren Grenzschichten (*b*).

Ihr Imbibitionsvermögen ist also jedenfalls ein anderes. Da sich der Unterschied auch nach Abspülen der Haut findet, so kann es sich nicht bloss um eine Auflagerung handeln.

Die Zellen über den Lymphgefässen scheinen mit dem Grund-

häutchen inniger verbunden, wenigstens bleiben sie beim leichten Abpinseln stellenweis sitzen, und findet man alsdann Züge regelmässig polygonaler Zellen zwischen den Pseudosaftkanälchen. Allerdings kann der Grund für das Sitzenbleiben dieser Epithelschichten auch darin gesucht werden, dass der Pinsel ohne sie zu berühren darüberhin gefahren, weil die Schichten über den Gefässen mitunter eingesunken gefunden werden. Je nach dem Füllungsgrade der Gefässe muss auch die Spannung dieser Schichten eine verschiedene sein; sie werden unter Umständen, wenn auch mit geringfügigen Unterschieden, inniger an die Lungen gepresst werden, und können wir in der Veränderlichkeit der Lage entschieden einen gewissen Anhaltepunkt für das abweichende Verhalten der Epithelschichten finden.

Dass übrigens auch an diesen Stellen eine Kittsubstanz des Zelllagers vorhanden ist, geht daraus hervor, dass eine Vacuolenbildung schwach angedeutet auch auf der Decke der Lymphbahnen gefunden werden kann. Anders zwischen den Gefässen. Bei starker Silberimprägnation tritt unter dem Epithel eine meist gleichmässig braun gefärbte Schicht hervor, welche an der Grenze der Gefässe, also da, wo die Beweglichkeit des Epithellagers beginnt, besonders ausgebildet ist, so dass sie als dunkle Linie erscheint (Fig. VIII). Sie bleibt auch nach Entfernung der Zellen bestehen, geht aber hierbei ihrer Gleichmässigkeit verlustig. Besonders deutlich zeigt sich dies nach Anwendung des Pinsels. Man sieht die mit dem Silber sich braun färbende Masse über das Lymphgefäss in feinen Zügen wie hingeschmiert; es kann ferner die Grenzlinie an einzelnen Punkten zerrissen werden (Fig. IX *a*), und entstehen so die scheinbaren Communicationen zwischen Lymphgefäss und Saftkanälchen, welche wir auch bei *Recklinghausen* in derselben Weise mehrfach abgebildet finden. Die eigentliche Grenze der Gefässe ist wegen ihrer Zartheit nicht zu erkennen. Interessant sind noch die Stellen, an denen das Lymphgefäss eine Einschnürung besitzt. Wir sehen hier (Fig. IX *b*), und können es auch anderwärts häufig wahrnehmen, einen dunkeln Faden quer über das Gefäss gespannt, und werden es begreiflich finden, dass die sich färbende Masse in der Einschnürungsfurche reichlicher vorhanden war.

Wahrscheinlich wird es bei diesen Verhältnissen etwas auf die Art der Präparation ankommen, wenigstens vermochte *His*

die *Recklinghausen*'schen Bilder von der Communication der Lymphgefässe mit den Saftkanälchen nicht wiederzufinden. Derselbe Beobachter bemerkt übrigens noch, dass wirkliche Lymphgefässe stets glatte Conturlinien besitzen und nicht unregelmässige zackige, wie sie bei *Recklinghausen* in Fig. 2 der Taf. I und in Fig. 2 der Taf. II dargestellt sind. *His* denkt an ein Versehen der Zeichner oder glaubt die Veranlassung zur Täuschung in einem Überdecktwerden der Gefässwände von Seiten der Saftkanälchen suchen zu dürfen. Letzteres mit einem gewissen Recht, denn die Grenzlinie der Pseudosaftkanälchen entspricht nicht der eigentlichen Gefässcontur, welche tiefer liegt.

So viel über die fraglichen Verhältnisse. Ich denke, dass meine Beobachtungen genügen werden, kann jedoch dieses Thema nicht verlassen, ohne die Synovialmembranen behandelt zu haben.

Hüter beschäftigt sich in seiner bereits erwähnten Arbeit ausführlicher mit den Gelenkflächen und Gelenkkapseln und überrascht den Leser mit der Behauptung, dass die innerste Schicht der Synovialhaut aus der Reihe der epithelialen Bildungen zu streichen sei. Es sollen vielmehr hier nur zarte Schichten von Bindegewebe vorhanden sein, und wird dasselbe epitheloid genannt, wenn durch das relative Verhältniss der Lücken zur Grundsubstanz der Anschein eines Epithels erzeugt wird, oder keratoid, wenn Bilder entstehen, wie bei Versilberung der Cornea.

Diese Ansicht kann nur bedingt sein durch die ausschliessliche Anwendung der Versilberungsmethode; denn die Gelenkkapseln besitzen ein wirkliches Epithel, und der einzige Fehler desselben besteht darin, dass er durch die gewöhnliche Anwendungsweise dieser Methode nicht sichtbar gemacht werden kann.

Die mikroskopischen Befunde nach Application des Argent. nitric. sind von dem Beobachter mit grosser Genauigkeit und Ausführlichkeit geschildert, aber ein anderweitiger Nachweis des bindegewebigen Substrates ist ihm nach eigenem Geständniss nicht gelungen, und diesen muss man doch Angesichts der Erfahrungen an den serösen Häuten verlangen. Auf die allgemeinen Betrachtungen, durch welche *Hüter* seine Annahme zu stützen sucht, will ich hier nicht eingehen, sondern nur Beobachtung gegen Beobachtung stellen. Wenn wir aber durch diese

nachweisen können: 1. dass ein Epithel vorhanden, und 2. dass die eigenthümliche Silberschicht über demselben liegt, so werden wir darin einen gewichtigen Beleg für unsere Behauptung über Entstehung der Saftkanälchen finden können.

Zunächst über die Erscheinung nach Anwendung des Silbers. Schüttet man eine Lösung von Argent. nitric. (etwa ½ Proc.) auf ein Stück herausgeschnittene und leicht geschrumpfte Synovialmembran *), spannt dieselbe nach gehöriger Einwirkung des Salzes aus, so bekommt man, den vorhandengewesenen Falten entsprechend, weisse Streifen zwischen den gefärbten Partien und gewahrt nach Carminisirung der Präparate in den Streifen ovale Kerne in ziemlich regelmässiger Lage, welche beim Aufblicke unter der Silberschicht liegen. Sie müssen als Epithelkerne angesehen werden. Dies Verhalten sowie die durchschnittliche Configuration der Silberzeichnung sucht Fig. X wiederzugeben. Richten wir auf letztere ein genaueres Augenmerk, so sieht man Kanälchen mit erweiterten Knotenpunkten einmal übergehen in Bildungen, in welchen rundliche helle Räume einfach durch schmälere oder breitere dunkle Linien getrennt werden, das andere Mal aber kommen wir durch allmählige Übergänge zu Stellen, wo in einer gleichmässig braunen, anscheinend erstarrten Schicht nur äusserst feine Risse und punktförmige Löcher wahrgenommen werden können. Ich sah dies besonders schön an einem menschlichen Kniegelenk, welches keine krankhaften Veränderungen erkennen liess, sondern sich nur durch die relative Trockenheit seiner Synovialmembran auszeichnete.

Ähnliche Bilder, wie die zuletzt erwähnten, erhält man durch folgendes Verfahren. Man breitet ein Stück Synovialis auf dem erwähnten Gelatinepapier aus und bringt nach der Hinwegnahme desselben Silberlösung auf, spült nach einiger Zeit ganz leicht ab und untersucht mit Glycerinzusatz. Nach der Reduction sieht man alsdann eine dünnschichtige Auflagerung in ihrer Gleichmässigkeit unterbrochen von grösseren oder kleineren Öffnungen und Rissen. Es bieten sich im Allgemeinen Erscheinungen dar, wie wir sie früher beim Ergriffenwerden der Zellsubstanzen geschildert haben, und wird jedenfalls die

*) Ich benutzte zu meinen Untersuchungen, als mir am leichtesten zugänglich, Hunde. An grösseren Exemplaren kann man ausreichende Partien Synovialmembran gewinnen, indem man an den seitlichen Partien schichtenweise die Gewebe von Aussen abträgt.

dort versuchte Erklärung auch hier Anwendung finden. Es ist nicht etwa die Gelatine selbst, welche hierbei in Wirksamkeit tritt, sondern es handelt sich stets um eine Auflagerung; es ist aber ebensowenig die abgehobene Intima der Synovialis, denn man sieht an dem benutzten Stück der Membran dieselben Erscheinungen eintreten, wie an anderen.

Wenn es nun auch hier wahrscheinlich wird, dass die »Saftkanälchen« eines bindegewebigen Substrates entbehren, so fragt es sich, ob die Methoden, welche wir bei den serösen Membranen angewendet haben, zu denselben Resultaten führen. Was die Bepinselung betrifft, so muss dieselbe energischer ausgeführt werden, da es gilt, die zähflüssige Synovia zu entfernen, um tiefer greifen zu können. Dasselbe gilt von dem Bespülen mit Zuckerlösung, und kann man aus den Versuchen schliessen, dass auf der Intima der Gelenkkapseln eine fester adhärirende Schicht von Synovia sitzt. Die Innenfläche der Kapseln behält desshalb auch bei entschiedenerem Eingreifen ihr glattes glänzendes Aussehen, und ist dies nicht wunderbar, wenn man bedenkt, welch andauernden Reibungen dieselbe bei den Bewegungen der Gelenke ausgesetzt ist.

Dementsprechend gelingt es auch seltener, die Vacuolen bildende Schicht auf grössere Strecken gänzlich zu entfernen, während sie sichtbar allmählig zarter wird und sich stellenweise ohne scharfe Grenze ganz verliert. Die Art der Silberzeichnung, wie sie in Fig. X vorliegt, ist schneller zum Verschwinden zu bringen. Auf diesen Punkt wolle man ganz besonders achten. Nach zeitweisem Liegen in Zuckerwasser oder länger dauerndem Abspülen tritt nämlich an den Gelenkkapseln das etwas zweideutig erscheinende, aber interessante Verhalten auf, dass die Lücken regelmässiger werden, sehr feine sternförmige Ausläufer bekommen (keratoide Form nach *Hüter*) und in ihrem Innern einen Kern erkennen lassen (Fig. XI). Untersuchen wir genauer, inwieweit diese Beobachtung im Stande ist, die übrigen Resultate meiner Arbeit zu beeinträchtigen, so ist auf folgende Punkte aufmerksam zu machen. Die Silberfärbung ist meist eine sehr lichte, und schwindet an den Stellen, wo sie sich allmählig ganz verliert, jedwede Andeutung einer sternförmigen Figur. Wir finden schrittweise vorwärtsgehend ein einfaches kernhaltiges Häutchen, ohne zwischen den Kernen selbst bei starker Vergrösserung und guter Beleuchtung ein Kanalsystem wahrnehmen

zu können, was da unbedingt gefordert werden kann, wo es sich um isolirte, frei liegende Schichten von der grössten Feinheit handelt. Ein Kanalsystem lässt nothwendigerweise eine gewisse Festigkeit und Dichte der Grundlage voraussetzen. Dass aber das Silber mit solchen Stellen in Berührung gekommen, folgt unmitttelbar aus der mitunter sehr deutlichen braunen Färbung der Kerne. Hierzu kommt noch, dass die Kerne die Lücken fast ganz ausfüllen und keine umgebende Protoplasmaschicht zu besitzen scheinen, und dass sie ganz dieselbe Gestalt und Grösse zeigen, wie im isolirten Epithelialhäutchen. — Auf der anderen Seite ist zu beachten, dass sich vor der angeführten Behandlung der Haut nie ein Kerngebilde vorfindet, und ist schliesslich, um eine Erklärung des Befundes aufstellen zu können, nur noch die allgemein gültige Annahme zu berücksichtigen, dass die voluminöseren Kerne über die Oberfläche der epithelialen Zelllager hervorragen, wie denn an serösen Häuten die Kerne mitunter nur dadurch sichtbar werden, dass sich um dieselben herum ein Silberniederschlag auf der Zelloberfläche einfindet.

Hiernach wird sich die Sache wohl folgendermassen verhalten. Die bedeckende Schicht, welche sich mit dem Silber verbindet, ist so dünn geworden, dass die Kerne durch sie hindurch ragen. Hiermit sind in der Schicht bereits Lücken gegeben, welche sich unter der Wirkung des Höllensteins nur etwas zu vergrössern und durch Spaltgänge zu verbinden brauchen, um die gezeichneten Figuren entstehen zu lassen. In derselben ist bei etwas starker Vergrösserung wiederzugeben versucht, wie die braune Einfassung der Kerne allmählig schwindet. Die Kerne sind etwas deutlicher gezeichnet, als sie gewöhnlich sind. Erwähnen möchte ich noch, dass die exquisiten Formen von »keratoidem Bindegewebe«, welche *Hüter* in Fig. 9 und 10 abgebildet hat, aus Gelenken bei Hydarthrus chronicus und Pyarthrus acutus entnommen sind, also Fällen angehören, bei denen die Synovia eine wesentliche Veränderung erfahren und vielleicht auf natürlichem Wege zum Theil entfernt worden. Der Unterschied zwischen »epitheloiden« und »keratoiden« Bildungen beruht meiner Meinung nach einzig in der Dicke der aufgelagerten Eiweissschicht. Dadurch, dass man dieselbe zum Schwinden bringt, kann man eine Form in die andere überführen.

Was das Epithel der Gelenkkapseln betrifft, so kann ich mich nach dem Angeführten kurz fassen, da es nicht im Plane

dieser Abhandlung liegt, Ausführlicheres über dieses noch n vollständig klare Thema beizubringen.

Eine epitheliale Auskleidung der Gelenkhöhle ist n überall leicht nachzuweisen, weil die Verbindung mit der l degewebigen Grundlage eine sehr innige zu sein scheint. Jed falls sind die Verhältnisse im Wesentlichen abweichend von serösen Häuten, obgleich es auch hier durch längeres Lieg lassen in Jodserum gelingt, grössere Fetzen eines Häutchens isoliren, wie ich es in einem kleinen Abschnitt in Fig. XII d gestellt habe. Ich wüsste nicht, wesshalb man solche abgel bene Schichten, die man auch mit den tieferen Lagen in V bindung sehen kann, anders als Epithel bezeichnen sollte. Zellconturen lassen sich auch an anderen Stellen nach einfa Isolation nicht erkennen, besonders wenn man, wie hier Glycerin untersucht. Feine Faltungen beweisen die grosse Z heit des Häutchens. Die Form der Kerne ist die für Epithe charakteristische (Länge im Mittel 0,010, Breite 0,006 Mr dass dieselben besonders an den schmäleren Seiten von e etwas glänzenderen Schicht umgeben sind, bemerkt man u Anderem auch an den Epithelauskleidungen der Lungenalve ebenso wie das stellenweise Herausfallen einzelner Kerne.

Die Abbildung ist einem Präparate vom Hunde entnomn indess dürfte es sich auch beim Menschen im Wesentlic ebenso verhalten. Nur darf das nicht unberücksichtigt bleil dass das Epithel nicht an allen Punkten eines Gelenkes gleiche zu sein scheint, wie wir denn bei einigen Autoren einem stellenweise mehrschichtigen Epithel lesen. Hierü wird noch Weiteres zu ermitteln sein.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. I. Serosa des Zwerchfells vom Kaninchen. *A* frisch, *B* nach Abspülen mit Zuckerlösung.

Fig. II. Aus dem Inhalte der Hodenkanälchen (Ratte) nach Versilberung.

Fig. III. Vom Peritoneum des Frosches. Veränderung der Substanzen der Zellen durch Silberlösung.

Fig. IV u. V. Dasselbe vom Zwerchfell des Kaninchens. Pleuraseite.

Fig. VI. *A* Versilberung bei chronischer Pleuritis. *B* bei acuter Peritonitis (Hund).

Fig. VII. Pleura des Zwerchfells vom Kaninchen. *a* Zellen über, *b* zwischen den Lymphgefässen.

Fig. VIII. Dasselbe bei stärkerer Vergrösserung. Grenzlinie des Lymphgefässes.

Fig. IX. Ebendaher nach Entfernung des Epithels. Lymphgefäss mit Netzlinien und anhängende sogenannte Saftkanälchen.

Fig. X. Synovialmembran des Kniegelenkes nach partieller Silberwirkung.

Fig. XI. Ebendaher. Sternförmige Vacuolen-Kerne einschliessend.

Fig. XII. Isolirtes Epithelhäutchen der Gelenkkapsel (Hund).

Die Vergrösserung ist mit Ausnahme der Fig. VII und XI durchschnittlich eine 300fache. Erstere ist 200-, letztere 500mal vergrössert.

Über das Centrum tendineum des Zwerchfelles.

Von

C. Ludwig und **F. Schweigger-Seidel.**

Für die Frage nach dem Zusammenhange der Lymphgefässe mit den serösen Höhlen des Körpers ist durch die bekannte Arbeit *v. Recklinghausen's* *) das Zwerchfell von Bedeutung geworden. Wir haben desshalb im Anschluss an anderweitige Beobachtungen das Centr. tendin. einer genaueren Untersuchung unterworfen, müssen uns aber mit unserer Beschreibung vorläufig auf Kaninchen beschränken.

Die Bindegewebsmassen, welche die Grundlage des Centr. tendin. bilden, sind in verschiedene Schichten angeordnet. Schon mit blossen Augen kann man eine radiäre Lage von einer circulären trennen. Erstere liegt auf der unteren oder Bauch-Seite und zeigt die radiäre Streifung desshalb so deutlich, weil zwischen den unter sich ziemlich gleich breiten Sehnenbündeln spaltförmige Lücken vorhanden sind, welche sich besonders bei Spannung der Haut bemerkbar machen. Die nach oben gelegene circuläre Faserschicht ist mehr gleichmässig entwickelt oder nur durch einzelne im Bogen verlaufende Verstärkungszüge auffallend markirt. Zu diesen beiden Schichten kommen alsdann noch zwei andere, allerdings viel zartere, hinzu, welche von der Pleura und dem Peritoneum gebildet werden; in ihnen haben die Fasern eine mehr transversale Richtung.

Die genannten vier Schichten sind nicht innig verschmolzen, sondern können durch einfache Präparation von einander getrennt werden. Besonders von der pleuralen Seite her vermag man an der ausgespannten Sehnenhaut die circuläre

---

*) Zur Fettresorption. *Virchow's* Archiv. Bd. 26.

Schicht von der radiären und diese hinwiederum von dem Grundhäutchen des Peritoneum ganz glatt abzulösen, so dass man letzteres auf grössere Streifen isolirt erhalten kann, sowohl frisch, als nach vorhergegangener Erhärtung. — Der Schnitt durch das Centr. tendin., welcher in Fig. 1 bei etwa 150facher Vergrösserung abgebildet wurde, ist so geführt, dass die radiären Sehnenbündel quer getroffen sind (*b*). *c* ist die circuläre Faserschicht, *a* das Peritoneum und *d* die Pleura. Zwischen den radiären Sehnenbündeln bemerkt man die Spalten von wechselnder Breite je nach dem Spannungsgrade der ganzen Membran. Sie messen 0,06—0,12 Mm. im natürlich erweiterten Zustande, wie nach vorhergegangener Injection, oder wenn die Peritonealüberbrückung straff gespannt ist (*e*), da dieselbe sich stets in die Spalten hineingebuchtet findet (*f*), wenn man das Zwerchfell ohne vorhergegangene Ausdehnung erhärtet und zu Schnitten verwendet.

Der Verlauf der Blutgefässe im Centr. tendin. ist kein ganz regelmässiger, wenigstens findet man die stärkeren Stämmchen bald auf der Brustfläche, bald auf der Bauchseite. Ersteres ist der regelmässigere Befund. Von den unter der Serosa gelegenen Hauptästen (Fig. 1 *g*) dringen die feineren Zweige zwischen die einzelnen Schichten der Sehnenhaut ein und gelangen auf diesem Wege auch zwischen die radiären Bündel in die Spalten, liegen hier den Rändern desselben an, oder ziehen schräg von einer Seite zur anderen, so dass es den Anschein gewinnt, als ob die Gefässe ganz frei in die Spalten eingelagert seien. Beachtet man jedoch das Verhalten der Gefässe an Schnitten, so muss man als constant ansehen, dass dieselben an die Wände der Spalten angeheftet sind, aber, wie es scheint, nicht einfach durch die Adventitia, sondern durch ein über sie hinwegziehendes feines Häutchen; welches mitunter nur als zarte Contur wahrgenommen werden kann (Fig. 1 *h*). Die Adventitia der Gefässe findet sich zuweilen von einer kleinzelligen Wucherung infiltrirt, so dass gleichmässige oder locale Verdickungen entstehen, wie sie von anderen Stellen des Körpers her als sogenannte Lymphscheiden bekannt sind. Die Capillaren bilden weitmaschige Netze, sind eng und lassen sich namentlich von der Arterie aus schwer injiciren.

Die Injection der Lymphgefässe des Zwerchfells ist sehr leicht. Das einfache Verfahren gründet sich auf den Befund

v. Recklinghausen's, dass feine körperliche Bestandtheile, auf die Bauchseite des Zwerchfells gebracht, ohne Weiteres in die Lymphgefässe übertreten können. — Man halbire ein Kaninchen in der Mitte des Bauches, nachdem man vor der Hinwegnahme von Magen und Darm den Oesophagus und die grossen Gefässe durch eine die Wirbelsäule umgreifende Ligatur zusammengeschnürt hat. Das Bruststück des Thieres wird an verschiedenen durch die Bauchdecken gezogenen Bindfäden mit dem Kopfe nach abwärts senkrecht aufgehängt, und nun die Injectionsmasse einfach in die Concavität des Zwerchfells geschüttet, wobei man die Leber entweder ganz ruhig liegen lässt oder vermittelst eines um die Gallenblase geschlungenen Fadens etwas nach oben zieht. So findet man nach einiger Zeit selbst bei vollkommener Ruhelage auf der convexen Seite des Zwerchfelles eine reinliche Injection von Lymphgefässnetzen, indess gelingt dieselbe bei Weitem besser, wenn man das Diaphragma rhythmische Bewegungen ausführen lässt, und zwar dadurch, dass man die Lungen durch eine in die Trachea gebundene Röhre wechselweise aufbläst.

Hat man eine recht gute Injectionsmasse, z. B. blauen Leim von gehöriger Intensität der Farbe, so kann man Präparate erhalten, denen bezüglich der Vollkommenheit der Injection nicht leicht etwas gleich zu setzen ist. — In der etwa um die Hälfte vergrösserten Abbildung Fig. 2 ist ein solches Object mit der pleuralen Seite nach oben gezeichnet. Da aber die eigentlichen Lymphnetze, sowie die klappenführenden Gefässe nur auf dieser Seite liegen, so sind erstere zum Theil weggelassen, um auch die Verhältnisse übersehen zu können, welche sich auf der Bauchfläche darbieten. Hier nämlich fehlen die Netze und stärkeren Stämmchen vollständig, und finden wir nur blaue Streifen (in der Figur, als durchscheinend, blasser gehalten), entsprechend den früher erwähnten spaltförmigen Lücken zwischen den radiären Sehnenbündeln. Sie füllen sich stets zuerst mit Masse.

Von einer genaueren Beschreibung der Verzweigung der Stämmchen und der Formation der Lymphnetze kann unter Hinweis auf unsere Abbildung wohl Abstand genommen werden; nur Folgendes mag noch Erwähnung finden. Die ergibigste Entwicklung besitzen die Netze mehr im hinteren Theile des Centr. tendin. neben der Wirbelsäule, an der Stelle der

höchsten Wölbung, während gerade in der Mitte, da wo sich das Pericardium innig anlegt, Lymphgefässe fehlen. Die Stämmchen mit Klappen wenden sich theils nach vorn, resp. unten, um in Gefässe überzugehen, welche neben den Vasa mammaria verlaufen, theils senken sie sich nach hinten zu direct in den Ductus thoracicus ein. Der doppelte Verlauf ist in unserer Abbildung angegeben.

Fertigt man sich von einem injicirten Centr. tendin. Schnitte an, so zeigen sich die Spalten zwischen den radiären Bündeln mehr oder weniger stark mit Masse gefüllt, ihnen gegenüber liegen zwischen circulärer Schicht und Pleura die quer oder schräg durchschnittenen Netzgefässe, und beide sieht man verbunden durch senkrecht oder schief zwischen den circulären Sehnenfasern durchtretende Zweige. Die Injectionsmasse hält sich stets in glatt conturirten Bahnen, es erfolgt kein unregelmässiger Austritt zwischen die einzelnen Gewebsschichten, und nie, selbst bei der prallsten Füllung, treten irgend welche feinere Abzweigungen hervor, die als Bindegewebsinterstitien oder als »Saftkanälchen« gedeutet werden könnten. Es ergibt sich hieraus sowohl für die eigentlichen Lymphgefässe, als auch für die Spalten, dass sie eine besondere Auskleidung besitzen müssen. Man kann dieselbe nach Spaltung der Sehnenhaut in einzelne Schichten oder an Schnitten als abgehobenes zartes Häutchen wahrnehmen, namentlich nach Behandlung des Zwerchfelles mit Kal. bichrom. Bei Erwähnung der Gefässe in den Spalten wurde das Verhältniss bereits angedeutet. (Fig. 1 *h*).

Schliesslich darf hier die Bemerkung nicht übergangen werden, dass sich auch die Versilberungsmethode recht gut für das Studium der uns beschäftigenden Lymphgefässe eignet. Gelungene Präparate der Art zeigen uns manche Eigenthümlichkeiten der Vertheilung besser, als nach einfacher Injection, weil bei dem geringen Drucke, unter welchem dieselbe erfolgt, die Gefässe nicht immer mit der nöthigen Prallheit gefüllt sind. Die Form der Netze und die Ungleichheit des Calibers ist charakteristisch. Nach Anwendung der Silberlösung treten in allen Räumen, welche sich mit Injectionsmasse füllen können, die bekannten schwarzen Liniennetze hervor, und zwar in den Spalten der Peritonealfläche, sowie in den von ihnen abgehenden feineren Zweigen die eigenthümliche Form mit stark ge-

wundenem Verlaufe, in den eigentlichen Lymphgefässen der Pleurafläche dagegen die Netze mit ausgesprochenen spindelförmigen Maschen. Durch Beachtung der Silberzeichnungen kann man sich einen vollständigen Überblick über den Verlauf der Lymphgefässe verschaffen.

Der Übertritt von körperlichen Bestandtheilen aus der Bauchhöhle in die Lymphgefässe, welcher unzweifelhaft ohne Verletzung der Peritonealbekleidung des Zwerchfelles, auch beim lebenden Thiere, erfolgt, lässt natürlich das Vorhandensein besonderer Einrichtungen voraussetzen. In Bezug hierauf beachte man folgende feinere Structurverhältnisse, welche an der Peritonealfläche zur Geltung kommen und deren Eigenthümlichkeiten im Zusammenhange stehen mit der radiären Anordnung der Sehnenbündel und der Spalten zwischen ihnen.

Halten wir uns zuvörderst an die bindegewebige Grundlage, an das Grundhäutchen des Peritoneum, so sehen wir, dass sie wechselnd bald dichter, bald lockerer gewebt ist. Ihre dichteren Abschnitte mit gleichmässiger Faserlage bedecken die radiären Bündel, die lockeren dagegen, in denen feine und feinste Bindegewebsbündel zu zierlichen Netzen angeordnet sind, überbrücken die Spalten. Einen vollständigen Überblick gewinnt man nur nach Isolation der Serosa mittelst des angegebenen Verfahrens, während man bei Betrachtung des Zwerchfelles im Ganzen über den Spalten nur einzelne querverlaufende und sich verzweigende Bündel wahrnehmen kann. Fig 3, bei 300facher Vergrösserung gezeichnet, erspart uns auch hier eine genauere Beschreibung. Die Kerne gehören dem Bindegewebe, zum grösseren Theile aber dem Epithel an.

Diesem mit der grössten Regelmässigkeit wiederkehrenden Verhalten des Grundhäutchens entsprechen die Besonderheiten der Epithelschicht. Behandelt man die Bauchseite eines Centr. tendin. mit Silberlösung, so werden bei schwacher Vergrösserung regelmässige Streifen von wechselnder Breite sichtbar, welche wiederum den Spalten entsprechen. Da wir aber sahen, dass der Peritonealüberzug häufig in die Spalten eingebuchtet wird, so ist es zur Auffindung der Streifen nothwendig, das ausgespannte Zwerchfell der Versilberung zu unterwerfen. Die Verschiedenheit der Streifen wird dadurch bedingt, dass die Zellen innerhalb derselben, also die Epithelien über den Spalten bedeutend kleiner und sehr gewöhnlich durch unregelmässige

Anschwellungen der schwarzen Conturlinien getrennt sind (Fig. 4. Vergröss. 150).

Sehr zu empfehlen ist auch hier die Isolation der Zellen nach Behandlung mit Jodserum. Fig. 5 stellt bei 300facher Vergrösserung einen Epithelfetzen dar, an dem man die Unterschiede der Elemente deutlich wahrnehmen kann. Die im Mittel 0,032 Mm. grossen Zellen liegen über den Sehnenbündeln und hängen durch Zwischenstufen zusammen mit solchen von 0,012 Mm. Durchmesser, welche der Decke einer Spalte angehören. Die Zellgrenzen sind durch leichte Versilberung deutlicher gemacht.

Sehr eingehend haben wir uns mit den Öffnungen zwischen den Epithelzellen beschäftigt und die verschiedensten Methoden angewendet, um die zelligen Elemente sowohl in der fixirten Lage als im isolirten Zustande zu Gesicht zu bringen. Stets haftet an dem Ergebniss der Untersuchungen eine nicht zu beseitigende Unsicherheit. Denn vor allem fehlt in unserem Objecte eine ähnliche Anordnung der Zellen um die Öffnungen, wie sie am Bauchfelle des Frosches vorkommt, jede Öffnung, die man beobachtet, erhält dadurch den Charakter des Zufälligen. — Dies Letztere ist aber um so stärker zu betonen, weil man ohne Änderung in der normalen Lage die Öffnungen nicht sehen kann. Die Spalten sind, wie schon früher bemerkt wurde, bald eng, bald weit, die Epithelhaut über ihnen kommt also bald gefaltet, bald ausgespannt zur Untersuchung. Im ersten Falle können der Natur der Sache nach die vorhandenen Öffnungen nicht gut erkannt werden, und im zweiten wird der Einwurf gerechtfertigt sein, dass die Spannung selbst eine künstliche Trennung der Zellen bewirkt habe. Derselbe Einwurf kann gegen die Öffnungen erhoben werden, die man im isolirten Epithel gewahrt; an ihm sieht man allerdings mitunter Bilder (Fig. 5*a*), die um so unzweifelhafter auf Öffnungen deuten, als alle Täuschungen, die uns das unterliegende Gewebe bereiten kann, hier beseitigt sind.

Nach unserer Meinung kann auf diesem Wege ein Beweis nicht geliefert werden, genug, dass die Thatsache durch die Erfahrungen der Filtration gesichert ist und dass die bindegewebige Grundlage, auf welcher die Epithellage ruht, aus Maschen gebildet ist. Denn es leuchtet ein, dass Öffnungen im Epithel nur dann eine Bedeutung haben können, wenn die

Grundhaut gleichfalls durchgängig gefunden wird. Desshalb muss auch bei anderweitigen Untersuchungen der Art vor allem dieser Punkt beachtet werden.

Noch haben wir eines Verhaltens der Epithelzellen zu gedenken, welches eine noch eingehendere Berücksichtigung verdient, als wir ihm jetzt zu Theil werden lassen konnten. — Die gleichmässige Lage der kleinen Zellen über den Spalten findet sich häufig unterbrochen durch Gruppen noch kleinerer Zellen, welche den mehr indifferenten Charakter der Lymphkörperchen haben und, wie sich mit ziemlicher Sicherheit behaupten lässt, aus den Zellen der Serosa selbst durch Theilung entstehen. Das Präparat, nach welchem Fig. 6 angefertigt wurde, war wiederum ganz schwach versilbert und dann der Carminisirung ausgesetzt. In Folge dessen sind die Kerne in den Maschen der äusserst feinen Silberlinien sehr gut sichtbar und lassen alle Stadien der Theilung erkennen. Mit der Theilung der Kerne geht Hand in Hand eine Vermehrung der Zellen, die sich zu kuglichen Häufchen an einander lagern. Der Process erstreckt sich nie über die Spalten hinaus.

Ist der Vorgang, wie wir zu vermuthen allen Grund haben, ein physiologischer, so ist ein Ort gefunden, an welchem sich die Entstehung der Lymphzellen mit Sicherheit beobachten lässt; wir würden die in den Lymphgefässen des Zwerchfelles wirklich vorhandenen zelligen Elemente von dem Epithel des Peritoneums herleiten müssen. Allerdings ist hier noch die Möglichkeit ins Auge zu fassen, dass die kleinen Zellen, welche in der Adventitia der Gefässe vorkommen, gleichfalls einen Weg in die Lymphgefässe finden können.

Betrachten wir die geschilderten Einrichtungen des Centr. tendin. im Zusammenhange, so können wir darin unschwer einen vollkommenen Apparat zur Aufsaugung und Fortführung von Flüssigkeitsmengen aus der Bauchhöhle erkennen. Eine äusserst wichtige Rolle spielen die Bewegungen des Zwerchfelles, weil durch sie bedingt wird ein regelmässiger Wechsel in dem Zustande der einzelnen Schichten, durch welchen allein eine ununterbrochene Resorption ermöglicht werden kann.

In der Exspirationsstellung des Zwerchfelles, in welcher das Centr. tendin. durch die Leber nach oben gedrängt stark gewölbt, sind die Spalten zwischen den radiären Bündeln erwei-

tert und die Überbrückung der Serosa gespannt. Desgleichen befinden sich die nach der Brusthöhle zu gelegenen Schichten, die circuläre Faserlage und die Pleura, im Zustande der Spannung, und werden in Folge die zwischen denselben liegenden Lymphcapillaren zusammengefallen sein. In der Inspirationsstellung dagegen ist die Wölbung abgeflacht, die Spalten sind eng und ihr Peritonealüberzug hat sich in sie eingebuchtet. Die circulären Schichten sind erschlafft und die Lymphcapillaren durch den Gegenzug der Lungen erweitert. Beim Übergang aus der einen Stellung in die andere werden sich die Spalten bald mit Flüssigkeit füllen können, bald wird das in ihnen Enthaltene verdrängt werden, um nach der Seite des geringeren Druckes, das ist in die Lymphcapillaren abzufliessen.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Schnitt durch das Centrum tendin. eines Zwerchfelles vom Kaninchen. Radiäre Sehnenbündel (*b*) quer durchschnitten. Das Nähere im Text.

Fig. 2. Zwerchfell v. Kaninchen mit von der Bauchhöhle aus injicirten Lymphgefässen.

Fig. 3. Grundhäutchen der Peritoneal-Serosa. Partie über den Spalten mit netzförmiger Anordnung der Bindegewebsbündel.

Fig. 4. Epithel der Peritonealseite des Centr. tendin. Verschiedenheit der Epithelzellen.

Fig. 5. Isolirte Epithelzellen ebendaher, *a* Öffnungen zwischen den zusammenhängenden Zellen über den Spalten.

Fig. 6. Epithel von derselben Stelle. Theilung der Kerne, Vermehrung der zelligen Elemente.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

Fig. 6.

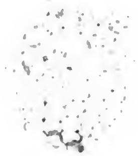


Fig. 4.

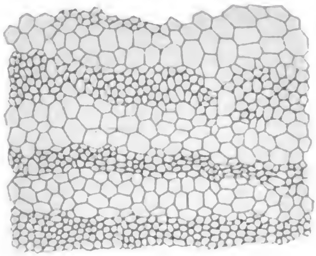
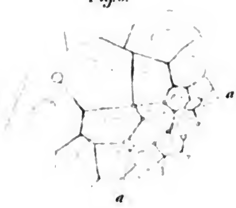


Fig. 5.



ARBEITEN

AUS DER

PHYSIOLOGISCHEN ANSTALT ZU LEIPZIG

ZWEITER JAHRGANG: 1867

MITGETHEILT

DURCH

C. LUDWIG.



MIT VIER TAFELN.

Abdruck aus dem XIX. Bande der Berichte der mathem.-phys. Classe
der K. S. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig.

LEIPZIG

BEI S. HIRZEL.

1868.

INHALT.

Seite

Die eingeklammerten Seitenzahlen beziehen sich auf die fortlaufenden Seiten d. XIX. Bds. der Sitzungsberichte der math.-phys. Classe der K. S. Gesellsch. d. Wissensch.

Vorarbeit für die Erforschung des Reflexmechanismus im Lendenmarke des Frosches.

Von

Dr. H. Sanders-Ezn.

Mit drei Tafeln.

Zu einem genauern Studium der Reflexbewegungen eignet sich, wie allbekannt, kein Präparat besser als die hinteren Frosch-Extremitäten mit den zugehörigen Nerven und Rückenmarkstheilen. In welcher Richtung man nun auch die Reflexbewegungen zu studiren oder zu benutzen beabsichtigt, immer wird man gezwungen sein, allen übrigen voraus, die Beziehungen zu erforschen, welche zwischen den Oertlichkeiten der gereizten Hautstellen und denen der bewegten Muskeln bestehen. Da über diesen Punkt, soweit mir bekannt, keine genaueren Beobachtungen angestellt sind, so lag mir's nahe eine solche vorzunehmen, als ich methodisch in den Reflexmechanismus einzudringen dachte.

Bei der Betrachtung der örtlichen Beziehungen zwischen dem Hautreiz und der ausgelösten Bewegung könnte man von der Annahme ausgehen, dass die reflectorischen Einrichtungen im Lendenmarke des Frosches ähnlich beschaffen sind, wie im verlängerten Marke der Säugethiere. Bei Letzteren werden bekanntlich durch die Reizung einzelner scharf abgegränzter Localitäten, wie z. B. der Bindehaut des Auges, der Nasen-, Rachen-, Kehlkopfschleimhaut, u. s. w. jedesmal ganz bestimmte Bewegungen ausgelöst, welche namentlich eine Veränderung in der Lage oder in sonstigen Eigenschaften des Reizes oder des gereizten Ortes hervorzubringen trachten, wesshalb man jene Reflexbewegungen als zweckmässige zu bezeichnen pflegt. Zu einer Uebertragung dieses Gesichtspunktes auf die Reflexe im

Lendenmarke des Frosches könnte man von vornherein umsomehr geneigt sein, als die einfachste Erfahrung lehrt, wie häufig durch eine Reizung dieser oder jener Hautstelle der unteren Extremität eine im eben hingestellten Sinn zweckmässige Bewegung des Beins zu Stande kommt.

Wäre nun in der That die ausgesprochene Voraussetzung eingetreten, so würde sich daran die Aufgabe geknüpft haben, die zusammengehörigen reflectorischen Stellen bis ins Rückenmark hinein zu verfolgen, da man denkbarer Weise auch hier ähnlichen reflectorischen Heerden hätte begegnen können, wie sie uns im sogenannten noeud vital des verlängerten Markes gegeben sind. — Gesetzt aber, es wäre keine der eben hingestellten Voraussetzungen eingetroffen, mit andern Worten: es wäre die hervorgerufene Bewegung noch von andern Bedingungen abhängig, als vom gereizten Ort und einer bestimmten anatomischen Anordnung des Rückenmarks, so wäre die bis dahin erwähnte Versuchsreihe immerhin noch nothwendig gewesen. Selbstverständlich jedoch gilt dieses dann mit der Beschränkung, dass der das Rückenmark betreffende Theil der Versuchsreihe eine andere Form hätte annehmen müssen. Denn, wenn jede Stelle der Haut nicht bloss mit einer einzigen, sondern mit einer zahlreichen Reihe von Muskelcombinationen in Verbindung steht, dürfte es bei unseren gegenwärtig so beschränkten Hülfsmitteln wohl unmöglich sein den Zusammenhang der Rückenmarkstheile so beschränkt aufzuheben, dass hierdurch unmittelbar die reflectorischen Bahnen erforscht werden können.

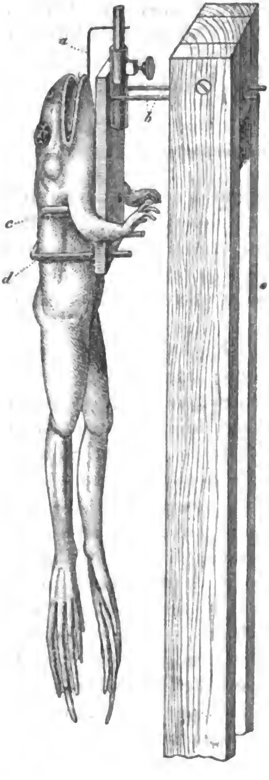
Nach dem Fehlschlagen dieser Hoffnungen wäre aber eine andre nicht minder wichtige Seite der Reflexbewegung in den Vordergrund getreten. Bei den Reflexversuchen benutzen wir die sensiblen Nerven um durch das Rückenmark hindurch die motorischen zu erregen. Da aber das Rückenmark die in dasselbe eingetretenen Erregungen nicht bloss nach dem Ort, sondern auch nach der Zeit und Stärke variirt, so würde diese letztere Function des Rückenmarks mit Sicherheit in Angriff genommen werden können, wenn man wüsste, dass überhaupt irgend einer oder einige Muskelgruppen in Contraction versetzt werden, wenn vorher eine bestimmte Hautstelle gereizt worden ist. Ausserdem könnten uns die verschiedenen zu verschiedenen Zeiten auftretenden Bewegungen nach Reizung einer und

derselben Hautstelle, als Aeusserungen von vorgehenden Variationen in den betreffenden einzelnen Bahnen und Centren, über die Eigenschaften dieser Letzteren weitern Aufschluss geben. Diese Aufklärungen können aber nur nach vorgängiger Kenntniss der Topographie der Reflexe erlangt werden.

I. Ueber die Topographie der Reflexe.

Bekanntlich wirkt auf den Ort und den Modus der reflectorischen Bewegung ausser der Oertlichkeit des Reizes noch eine Reihe von andern Umständen ein, deren Regelung man in der Hand hat. Diese Letztere muss also immer in einer bestimmten Weise geschehen. Für meine Versuche bemerke ich in dieser Beziehung Folgendes:

a) Lagerung des Thieres. Ich halte es für nöthig, darauf aufmerksam zu machen, dass die Lage, welche der enthirnte Frosch bei den Reflexversuchen einnimmt, nicht in allen Fällen gleichgiltig ist. Liegt z. B. das Thier mit dem Bauche auf einer Glasplatte, während der Reiz die äussere Seite des Knie's trifft, so beugen sich danach bei genügender Reizbarkeit in der Regel alle Gelenke der gereizten Extremität, während die der anderen gestreckt werden. Hängt dagegen der Frosch an dem unempfindlich gemachten Unterkiefer frei in der Luft, so kommen durch Reizung der äusseren Seite des Knie's nur die Beugungen auf der gleichen Seite vor, die Streckungen auf der entgegengesetzten Seite bleiben jedoch aus. — Die mechanische Reizung der Zehenspitzen hat in der Bauchlage des Frosches bei ausgestreckten Beinen einen andern Erfolg als bei gebeugten Beinen. Im ersteren Falle tritt nach der Reizung meistentheils eine kräftige Beugung des getroffenen Beines ein, die alsdann nur selten in eine Streckung desselben umschlägt. Sind die Gelenke etwa halb gebeugt, so ruft der Reiz schon sehr häufig eine Streckung nach einer vollständigen Beugung hervor, während sehr oft der Streckung gar keine Anstrengung zur weiteren Beugung vorausgegangen ist, wenn der Reiz die vollständig gebeugten Beine trifft. — Durch eine Reizung der äusseren Kniegegend oder der Zehenspitzen kann bei der Rückenlage des Frosches viel leichter eine Streckung der anderen Extremität hervorgerufen werden, als dieses bei der Bauchlage desselben Thieres möglich ist. Aus diesen und ähnlichen Beobachtungen



ergiebt sich die Nothwendigkeit, dem Thiere eine bestimmte Stellung zu geben. Ich wählte hierzu diejenige, welche in dem nebenstehenden Holzschnitte angegeben ist.

Durch den in Folge der Enthirnung unempfindlichen Unterkiefer ging ein verstellbarer Haken *a*. Der Körper des Frosches lag mit der Bauchseite gegen ein Brettchen, das mittels seines Stiels *b* in einem um seine Längsachse drehbaren Balken senkrecht oder schwach geneigt herabhing. Aus der Ebene des Brettchens ragten zwei hölzerne Stützen *c* hervor, welche unter die beiden Arme des Frosches griffen. Das untere Ende des Froschleibes wurde durch einen Bügel *d* aus sehr dickem Kupferdraht, dessen freie Enden durch zwei Löcher des Brettchens gesteckt waren, sanft an das letztere gedrückt.

Die hängende Stellung ist der Bauchlage desshalb vorzuziehen, weil auf diese Weise während der Bewegungen die störenden Reibungen auf der Unterlage vermieden und Rotirungen, Ab- und Adductionen der Gelenke sichtbar werden; weiter bietet sie den Vortheil, dass bei Anwendung chemischer Reizmittel die gereizte Stelle alsbald durch Eintauchen der unteren Extremität in ein grosses Wassergefäss wieder abgespült werden kann. Durch die angegebene Aufhängungsweise wurde vermieden, dass die Bewegungen der Gliedmaassen Zerrungen und Verrückungen andrer Hautstellen und das die Beobachtungen sehr störende

Schwingen und Schleudern des ganzen Thieres erzeugen konnten.

b) Das Rückenmark habe ich immer durchschnitten und zwar jedesmal auf gleiche Weise unmittelbar unter dem verlängerten Marke. Durch die Oeffnung zwischen den Wirbelbogen steckte ich nach vollbrachtem Schnitt rasch ein Holzstäbchen in die Schädelhöhle, wodurch nicht allein das Gehirn vollkommen zerstört, sondern auch der Blutung vorgebeugt wurde.

c) Der Reiz. Da es mir in dieser Versuchsreihe nicht darauf ankam, die Reize messbar abzustufen, sondern nur darauf, die örtlichen Abhängigkeitsverhältnisse zu prüfen und dieses zwar unter der Voraussetzung eines starken auch die weniger reizbaren Stellen und Individuen angreifenden Mittels, so brachte ich Eisessig auf die Haut. Um diesen aber in der gewünschten Umgränzung wirken zu lassen, imprägnirte ich Fliesspapierstückchen und zwar so weit mit dem Essig, dass keine Flüssigkeit von demselben herabsickern konnte.

Um bei verschiedenen Thieren mindestens annähernd denselben Hautort zu treffen, theilte ich die Rückenfläche und äussere und innere Seite der hinteren Gliedmaassen mit der Umgebung des Afters — auf welche ich meine Beobachtungen überhaupt beschränkt habe — in 93 Theile und richtete nach der individuellen Grösse dieser meine Papierchen ein.

Wenn ich hinzufüge, dass ich nicht eher einen neuen Reiz anbrachte, als bis die Bewegungen verschwunden waren, welche der vorhergehende zum Vorschein gerufen, so sind damit die nach Belieben veränderlich zu machenden Bedingungen des Versuchs angegeben.

Die Bewegungen, welche durch den Reflex veranlasst werden, können, wie ich glaube, nicht autographirt werden, wenn es sich, wie hier, darum handelt die Stellungsänderungen aller Abtheilungen der Hinterbeine aufzufassen. In der That sind die Bewegungen zu vielfältig, als dass sie durch die graphische Methode ohne eine grosse Complication des Apparates aufgefasst werden können. Zudem würden die Widerstände, welche durch das Selbstregistriren der Bewegung nothwendig entgegengesetzt werden, gross genug sein um neue Reizungen zu bewirken. Demnach verzichtete ich auf die graphische Methode. Um aber trotzdem nach Kräften allen Willkürlichkeiten in der Auffassung der Bewegungen auszuweichen, zeichnete ich mir

jede Gliederstellung, die ich beobachtete, sogleich nieder, wobei ich nicht allein die Richtung, sondern auch die Grösse der Ausweichungen berücksichtigte, insofern ich diese letztere durch den Beugungswinkel ausdrücken konnte. Dieses Verfahren setzt, wenn es zu richtigen Resultaten führen soll, eine nicht unbeträchtliche Uebung voraus, die ich mir in zahlreichen anderen vorher angestellten Reflexversuchen verschafft hatte.

Die Versuche, welche ich definitiv für die Reflextopographie verwendet, sind an 23 Fröschen gewonnen worden. Jede irgendwie zweifelhafte Einzelbeobachtung habe ich selbstverständlich verworfen. — Die verschiedenen zum Versuche angewendeten Thiere boten einen grossen Unterschied ihrer Reizbarkeit dar. Dieser Umstand ist zwar insofern günstig, als sich hierdurch in meinen Beobachtungen die Folgen der verschiedenen Reizbarkeiten mit ausgedrückt finden. Anderseits aber verhindert er es, bei der geringen Anzahl von Fällen für jede einzelne Reizbarkeitsstufe, dass meine Thatsachen einen statistischen Charakter gewinnen können.

Da der Reflex in demselben Gliede öfter mehrere Bewegungen hinter einander veranlasst und da er auch öfter auf die nicht gereizte zweite Gliedmaasse übergeht, so muss man gleich- und anderseitige Bewegungen unterscheiden und ausserdem noch, je nach der zeitlichen Reihenfolge der Bewegungen auf jeder Seite, die Ausdrücke: primäre, secundäre, tertiäre, u. s. w. Bewegungen einführen.

Wenn man zunächst von den Beziehungen zwischen den gereizten und bewegten Oertlichkeiten absieht und nur auf die Bewegungen als solche Rücksicht nimmt, so kann man unterscheiden:

1) Solche, bei denen nur ein oder mehrere oder alle Gelenke einer Gliedmaasse aus der Ruhelage herausgeführt werden; nachdem dieses in einem mehr oder weniger ausgedehnten Grade geschehen ist, sinken sie in ihre Ruhelage zurück um hierin zu verharren.

2) In anderen Fällen verhält sich die Reflexbewegung so, dass von denjenigen Gelenken, welche aus ihrer Ruhelage herausgetreten sind, alle oder einige in der neuen Stellung nur vorübergehend verharren, darauf in der Richtung gegen die Ruhelage zurückkehren um nun kurze Zeit darauf abermals in die primäre Stellung überzugehen (secundäre Bewegung). Hier-

bei kann der Fall eintreten, dass einige Gelenke während der ganzen Dauer der primären, secundären, u. s. w. Bewegung in der von ihnen zuerst angenommenen Stellung verharren, während andere diese wiederholt ändern; mit einem Wort, ein Theil der vom Reflexe ergriffenen Muskeln ist von einer tonischen, ein andrer ist von einer clonischen Erregung befallen.

3) Ein grösserer oder geringerer Theil der bewegten Gelenke durchläuft eine Reihe von verschiedenen Stellungen, kehrt dann zur Ruhelage oder zur primären Stellung zurück, von welcher aus die Reihe abermals durchlaufen wird. Hierbei kann es ebenfalls vorkommen, dass ein Theil der bewegten Muskeln in tonischer Zusammenziehung verharrt.

4) Gerathen die beiden Gliedmaassen in Bewegung, so ist diese in beiden, hinsichtlich der Zeit des Eintretens, der Combination der Gelenkstellungen, der Zahl der befallenen Gelenke und der Stärke der Zusammenziehung in den meisten Fällen nicht gleich; das Uebergewicht liegt bisweilen in der anderseitigen Bewegung. Von jeder der beiden Gliedmaassen kann weiter alles das gelten, was unter den frühern Nummern für eine von beiden ausgesagt wurde.

5) Bei der unvollkommenen Ausbildung einer zusammengesetzten Bewegung, die von derselben Hautstelle aus erzeugt wird, tritt es öfter ein, dass bald das eine und bald das andre Gelenk sich mehr der Stellung nähert, welche sie bei vollkommener Ausbildung dieses Typus einnehmen würden.

Bei Rücksichtnahme auf die Combination der Gelenkstellungen und der Folge von Bewegungen, die zu einem Acte gehören, kann man mehrere Typen unterscheiden und zwar solche, die zu vollkommner oder solche, die zu unvollkommner Ausbildung gelangt sind. Unvollkommene Ausbildung eines Typus halte ich mich dann für berechtigt anzunehmen, wenn alle die Gelenke, welche bei der vollkommenen Ausbildung im starken Grade ergriffen sind, nur schwach, aber im gleichen Sinne aus der Ruhelage heraustreten. Die auf Tafel I und II verzeichneten Gliederstellungen geben die wesentlichsten der von mir beobachteten Typen wieder.

Die Hautflächen, durch deren Reizung die gezeichneten Typen hervorgerufen werden, sind im Allgemeinen so zu bezeichnen, dass 1, 2 und 3 von der äusseren Rückenhälfte des Ober- und dem oberen Drittheil der äusseren Seite des Unter-

schenkels (1 und 3 von dem letzteren weniger, die zweite secundäre Form von 1 nur von der äusseren Kniegegend) aus ausgelöst werden; 4, 6, 7, 8, 9, 10 und 11 von den beiden unteren Drittheilen der Rückenseite des Unterschenkels, der Umgebung des Fussgelenks, der Plantarfläche des Fusses und der Umgebung des Afters (10 hauptsächlich von der letzteren); — 5, 12 und 13 von den Zehen und einigermaassen von der äusseren Kniegegend; — 14 und 15 von der inneren Rückenhälfte des Oberschenkels. 1 ist in seinen Gliedern und Abstufungen am vielfältigsten vergegenwärtigt an der äusseren Kniegegend. Von den Zehen aus treten ausser der ihr mehr eigenthümlichen auch die andren Typen in gemischter Weise hervor. Die von der inneren Rückenhälfte des Ober- und dem oberen Drittheil des Unterschenkels aus hervorgerufenen Bewegungen tragen durchgehends in mehr oder weniger ausgeprägter Weise den Charakter von 2. Die Typen 5, 12 und 13 pflegen in den gleichseitigen Bewegungen noch mit Rotation oder Adduction in dem Mittelfuss- oder Fussgelenke verbunden zu sein. Diese Rotation und die nach der Streckseite hin concav bogenförmige Stellung des Fusses sind die am meisten constanten unter den einzelnen Gelenkstellungen, welche durch Reizung der Zehenhaut erzeugt werden. Da ich fast nur die Plantarfläche der Zehen reizte, so konnte die erwähnte eigenthümliche Stellung und Bewegung des Fusses (gegen das Knie) nicht dazu beitragen, die gereizte Stelle irgendwo mit einer anderen in Berührung zu bringen.

Mit Ausnahme des letzteren Falls aber genügen die dargestellten Bewegungen, um jedesmal die gereizte Hautstelle durch ein anderes Stück einer oder beider Gliedmaassen zu berühren, also auch verändernd auf den dort angebrachten Reiz zu wirken und es können also diese Bewegungen als sogenannte zweckmässige bezeichnet werden. Bestände nun zwischen den gereizten Hautstellen und den verzeichneten Bewegungen eine constante Beziehung, so würde in der That der Reflex im Lendenmark im früher mitgetheilten Sinn mit demjenigen im verlängerten Marke zu identificiren sein.

Gegen dieses Vorhaben sprechen aber schon von vornherein die verschiedenartigen Bewegungsreihen, welche, wie erwähnt, durch Reizung der Zehenhaut hervorgerufen werden können. Noch mehr aber leuchtet die Unthunlichkeit der Annahme ein,

dass jede Hautstelle der unteren Extremität nur einen ganz bestimmten Typus der Reflexbewegungen erzeuge, wenn man die Einzelbeobachtungen genauer durchgeht. In diesen finden sich auch an andren Orten so zahlreiche Abweichungen (die Umgebung des Afters und die äussere Knieseite ausgenommen, an welchen die Abweichungen nur untergeordneter Natur sind), dass man zu dem Ausspruch gezwungen wird, es könne von nahezu jeder Stelle mehr als ein Typus der Reflexbewegungen hervorgerufen werden, sei es, dass diese Typen gesondert (der seltnere Fall), sei es, dass sie in einer Bewegung gemischt auftreten (wie gewöhnlich vorkommt). Im letzteren Falle werden die resultirenden Gliederstellungen variiren je nach der Stärke, Ausbreitung und Gestaltung der einzelnen Componenten.

Wenn nun auch die meisten Hautstellen nicht auf einen einzelnen Typus beschränkt sind, so sind ihnen doch anderseits in mehreren Beziehungen Schranken gezogen, wie aus dem nächst Folgenden hervorgeht.

Aus einer nach allen Richtungen hin durchgeführten Vergleichung zwischen den notirten Bewegungen und den Hautstellen, von welchen aus sie ausgelöst wurden, glaube ich mich zu folgender Zusammenstellung berechtigt:

I. Die unter meinen Versuchsbedingungen ausgelösten reflectorischen Bewegungen der einzelnen Gelenke sind nach vielen Richtungen hin beschränkter als diejenigen, welche die Gelenke ihren anatomischen Einrichtungen gemäss ausführen können und es können desshalb noch weniger alle die Combinationen der Stellungen erzeugt werden, welche zwischen den einzelnen Gelenken möglich sind.

In erster Beziehung (Beschränkung der Bewegung einzelner Gelenke) hebe ich namentlich hervor, dass ich niemals eine Rotation im Kniegelenke sah und (unter 326 Bewegungsreihen) nur einmal eine geringe Rotation des Hüftgelenks nach Innen, während eine solche nach aussen sich häufiger mit der Streckbewegung oder einem mittleren Beugungsgrad des Hüftgelenks einstellte. In allen Fussgelenken sah ich dagegen die möglichen Rotationen in der That stark ausgeprägt eintreten. Weiter bemerkte ich niemals eine primäre gleichzeitige Streckung des Knie's und ebenfalls nie eine Abduction der Zehen, während eine Adduction derselben bei ihrer Reizung häufiger vorkommt. Von Ab- und Adduction in anderen Gelenken sagen meine Auf-

zeichnungen nichts aus, vielleicht nur darum, weil ich sie nicht mit hinreichender Schärfe aufgefasst habe.

In Betreff der Combinationen der einzelnen Gelenkstellungen bemerke ich zunächst, dass sich keineswegs alle die Gelenkbewegungen mit einander combinirten, welche überhaupt reflectorisch in die Erscheinung traten. Dieses gilt namentlich im ausgedehnten Maasse von den beobachteten Rotationen; in keiner meiner Aufzeichnungen ist während einer bestimmten Stellung der Gliedmaasse mehr als ein Gelenk in rotatorischer Bewegung begriffen angemerkt. Lassen wir aber auch die Rotationen bei Seite und beschränken wir uns auf die möglichen Combinationen zwischen Streckung und Beugung der einzelnen Glieder, so sehen wir auch hier noch einzelne ausfallen; namentlich gilt dies von der Stellung, bei welcher die Hüfte gebeugt, alle übrigen Gelenke aber gestreckt sind, eine Bewegung, welche der Frosch bei der Reizung des Kiefers z. B. ausführt. Hinsichtlich der anderseitigen Bewegungen ist zu bemerken, dass diese von den wenigsten Hautstellen aus erzeugt werden können und in der Variation ihrer Gestaltung sehr beschränkt sind.

Irre ich nicht, so liegt in der Beschränkung des Zusammenfassens und der Sonderung der einzelnen Gelenkstellungen zu einer zusammengesetzten Bewegung der Gliedmaasse, wie sie durch den Reflex gegeben ist, ein bemerkbarer Gegensatz zwischen diesem Letzteren und der willkürlichen Erregung.

II. Aus der vorhin erwähnten Vergleichung meiner Beobachtungen ergiebt sich ferner für die einzelnen Bewegungen, sowohl für sich als auch mit Rücksicht auf die Hautstellen, von denen sie ausgelöst wurden:

Wenn während einer Contraction der Muskeln an allen übrigen Gelenken ein einzelnes Gelenk in Ruhe blieb, so war dieses nur entweder mit dem Hüftgelenk oder mit den Zehen der Fall; dasselbe bei den anderseitigen Bewegungen nur mit dem Hüftgelenk. Beschränkte sich die gleichzeitige Bewegung auf nur ein Gelenk, so geschah dieses entweder in der Hüfte, oder im Knie, oder in den Zehen.

Die Bewegungen, welche in den einzelnen Gelenken der hinteren Extremität vorkommen, ordnen sich nach den Hautstellen von denen sie ausgelöst werden, folgendermaassen:

Hüftgelenk.

Primäre gleichseitige maximale Beugung des Hüftgelenks wurde hervorgerufen von den Stellen, welche in Taf. III Fig. 1 gefärbt sind.

Primäre gleichseitige Streckung wurde von den in Taf. III Fig. 2 gefärbten Stellen aus erzeugt. Die Vergleichung der beiden Figuren lässt erkennen, dass die Stellen, welche Streckung und Beugung verursachen, mit Ausnahme der zweiten und dritten Zehenspitze, durchweg verschieden sind.

Diejenigen Beugungen des Hüftgelenks, bei welchen der Oberschenkel einen grösseren Winkel als 90° mit der Bauchwand bildete, verlangen eine besondere Betrachtung, weil sie wahrscheinlich durch das Zusammentreffen verschiedener Umstände bedingt sind. Offenbar können sie entweder dadurch entstehen, dass nur die Beugemuskeln der Hüfte und zwar nur theilweise oder nur in schwachem Grade erregt sind, oder sie können bedingt sein durch ein gleichzeitiges Zusammenwirken der Streck- und Beugemuskeln.

Das Letztere, Entstehen der minimalen Beugung durch gleichzeitige Contraction von Beuge- und Streckmuskeln, fand sehr wahrscheinlich in den Bewegungen Statt, die von den in Taf. III Fig. 3 grünen Stellen aus hervorgerufen werden. Der Grund, warum ich zu dieser Annahme greife, liegt theils darin, weil in diesen Fällen der Hautreiz meistens stark genug wirkte um auch im jenseitigen Gliede Bewegungen zu erzeugen und andrentheils, weil die angemerkten Stellen zu denen gehören, von welchen auch die primäre Streckung des Hüftgelenks herkam.

Die minimale Beugung der Hüfte in Folge einer schwachen Wirkung der Beugemuskeln nehme ich dann an, wenn diese (wie von den in Taf. III Fig. 4 gefärbten) von den Stellen aus ausgelöst wurden, von welchen andere Male eine maximale Beugung erzielt wurde und wenn zugleich die schwache Beugung aller anderen Gelenke auf eine geringe Wirksamkeit des Hautreizes hindeutete.

Ausserdem aber habe ich noch von fast allen Orten der untersuchten Hautfläche des Beines und der Umgebung des Afters Beugungen mittleren Grades eintreten sehen, von denen ich es zweifelhaft lassen muss, zu welcher der beiden oben aufgestellten Kategorieen sie gehören.

Auswärtsdrehungen der Hüfte fanden sich durchgängig nur von solchen Stellen aus bewirkt, welche auch eine Streckung erzeugen.

Beim Uebergang der Reflexe auf die andre Seite trat entweder nur eine Streckung oder eine minimale Beugung des Hüftgelenks auf; niemals gewahrte ich eine primäre maximale, oder selbst einen mittleren Grad von Beugung des jenseitigen Hüftgelenks.

Kniegelenk.

Ich habe schon erwähnt, dass niemals eine primäre gleichseitige Streckung des Kniegelenks durch Reizung der hier in Betracht kommenden Hautstellen eingeleitet wurde; dagegen kann von allen diesen Stellen aus eine derartige Beugung hervorgerufen werden. In den anderseitigen Bewegungen sah ich sowohl primäre Streckung als Beugung des Knie's auftreten.

Fussgelenk.

Auch das Fussgelenk konnte von allen Orten her in primäre gleichseitige Beugung gerathen; eine gleichseitige Streckung desselben sah ich nur von der ersten Zehe und der Umgebung des Afters aus eintreten. Anderseitig verhielt es sich wie das Kniegelenk.

Mittelfuss.

Gleichseitige primäre Beugung desselben geschah vorzugsweise von denselben Stellen aus, welche im weitesten Wortsinn auch die Beugung der Hüfte veranlassen können (Taf. III Fig. 5). Die primäre gleichseitige Streckung kam dagegen, wenn auch nicht ausschliesslich, aber doch vorzugsweise von dort her zum Vorschein, von wo auch die primäre Streckung der Hüfte eingeleitet wurde (Taf III Fig. 6).

Primäre Beugung mit secundärer Streckung (Taf. III Fig. 7) ereignete sich von viel mehr Orten aus, als primäre Streckung und secundäre Beugung (Taf. III Fig. 8). Anderseitig fand sich sowohl Streckung als Beugung vor.

Zehengelenke.

Primäre gleichseitige Beugung (Taf. III Fig. 9) und Streckung (Taf. III Fig. 10) derselben geschahen von ungefähr denselben Stel-

len aus; die Letztere erstreckt sich aber ausserdem über die ganze Gegend, von welcher aus die primäre Streckung des Hüftgelenks erfolgte. — Diejenigen Hautstellen, von welchen aus auf die primär eingeleitete Beugung eine Streckung der Zehen erfolgte, fielen wesentlich zusammen mit denjenigen, von welchen aus die primäre Hüftgelenksbeugung erzeugt ward und nicht mit denjenigen, in welchen die Hüftgelenksstreckung vorwaltete. Dasselbe war der Fall mit der primären Streckung, wenn diese mit Beugung aller übrigen Gelenke zusammenfiel (Taf. III Fig. 11).

Adduction der Zehen konnte ich nur von der Zehenhaut selbst und dem angränzenden Theil der Fusssohle aus hervorrufen.

Trat primäre Streckung von Mittelfuss und Zehen zugleich mit Beugung des Hüftgelenks auf, so war diese letztere fast nie maximal.

Anderseitige Reflexbewegungen.

Taf. III Fig. 12 giebt die Orte an, von welchen aus anderseitige Reflexe erzeugt werden. Die örtliche Ausdehnung derselben ist also sehr beschränkt; bei einer andren Lagerung des Thieres und bei anderen Reizungsverfahren kann man bekanntlich bei genügender Reizbarkeit an den meisten Hautstellen anderseitige Reflexe veranlassen. Die hier angemerkten Stellen sind dieselben, welche vorwaltend die primäre gleichseitige Streckung der Hüfte bedingen. Die beobachteten anderseitigen Reflexe trugen in der Regel den tetanischen Charakter, durch welchen sich auch die hierzu gehörigen gleichseitigen Reflexe auszeichnen.

An diese Zusammenstellung knüpfen sich noch einige Betrachtungen:

Die Hautstellen, von welchen die maximale Beugung des Oberschenkels erzeugt wird, sind vorzugsweise versorgt vom 7. sensiblen Nerven, dessen motorische Wurzel (bei genügender Stärke) fast nur der Beugung der Hüfte vorsteht. In dem vorliegenden Falle findet sich also eine innige reflectorische Beziehung zwischen den beiden zu einem Nerven gehörigen Wurzeln ausgesprochen und wir werden später noch sehen, dass dieses auch für die Rückenmarkstheile gilt, welche dem 7. Nerven zunächst liegen. Dass eine solche Art von Uebergang aber keine allgemein giltige ist, erkennt man u. a. sogleich daraus, dass

wenn der durch die Reizung des 7. Nerven ausgelöste Reflex auf die andere Seite übertritt, dort nicht abermals Beugungen sondern Streckungen des Oberschenkels hervorgerufen werden.

Von den Zehen aus konnten, wie erwähnt, die mannigfachsten Bewegungen eingeleitet werden; also müssen ihre sensible Nerven mit den motorischen Centren vieler Muskelgruppen in Verbindung stehen. Dieses erklärt sich vielleicht aus der Verbreitung der 7., 8. und 9. sensiblen Wurzeln im Bereiche der Zehen. Die erwähnte für die Zehenhaut charakteristische Bewegung, namentlich die nach der Streckseite hin concave Krümmung und die Einwärtsdrehung des Fusses, steht, wie die unter III zu besprechende Versuchsreihe ergab, unter der Herrschaft des 8. Nerven.

Die Thatsache, dass von einer bestimmten Hautstelle aus zwei verschiedene Reihen von Bewegungen zu verschiedenen Zeiten ausgelöst werden, ohne dass in den äusseren Bedingungen ein Grund für das Auftreten bald der einen und bald der anderen gefunden werden kann, deutet darauf hin, dass in dem Rückenmarke selbst veränderliche Bedingungen bestehen, durch welche in jedem einzelnen Fall die Wirkung des Reizes modificirt wird. Diese Variabelen können nur physicalischer Natur sein. Denn aus dem Auftreten der beiden Bewegungen nach Erregung desselben Hautnerven ist unzweifelhaft der Schluss zu ziehen, dass der bestimmte Hautort innerhalb des Rückenmarks mit den beiden verschiedenen Muskelgruppen in anatomischer Verbindung steht. Es bleibt demnach nur die Möglichkeit übrig, dass innerhalb des Markes selbst entweder die Reizbarkeit der motorischen Centralwerkzeuge oder der Widerstand der Leitungsbahnen von den sensiblen zu den motorischen Theilen verändert sei.

Wenn auch nicht in allen, so kann doch in vielen Fällen gezeigt werden, dass die Ursache für das Ausbleiben irgend einer bestimmten Reflexbewegung nicht die sein kann, dass die Erregung in den betreffenden Centralmotoren unbeantwortet bleibt. Denn es gelingt sehr oft die Bewegung, welche nach Reizung der ersteren Stelle ausgeblieben und durch eine andere ersetzt war, von einem andren Hautort her auszulösen.

Demnach scheinen für die Thatsache, warum von den verschiedenen von ein und derselben Hautstelle zu erzielenden Bewegungen bald nur die eine und bald nur die andere

eintritt, die Erklärungen übrig zu bleiben, dass entweder eine beschränkte Hautstelle von verschiedenen Seiten des Rückenmarks her mit Nerven versorgt wird, oder dass die mit gleichem Ursprung begabten Nerven der gereizten Stelle nach ihrem Eintritt in's Mark sich in Leitungsbahnen spalten, welche zu verschiedenen motorischen Centren laufen. Durch eine beliebige Disposition über die Widerstände in den mehrfachen Hautnerven oder in den mehrfachen Rückenmarksbahnen desselben Hautnerven könnten begreiflicher Weise alle diejenigen Erfolge, welche erfahrungsgemäss bestehen, erklärt werden. Die Entscheidung für eine oder die andere der zuletzt genannten Alternativen kann nur durch weitere Versuche erfolgen. Denn es ist in der That bekannt, dass einerseits die meisten Partieen der Haut des Hinterbeins von verschiedenen Nervenwurzeln her versorgt werden und anderseits, dass die Nervenfasern der hinteren Wurzeln, welche in Ganglienkörper übergehen, mit Hülfe der letzteren in zahlreiche Aeste zersplittert werden.

Die ungleiche Dauer und Stärke der Contraction, die wir in den gleichzeitig zu einer complicirten Bewegung zusammentretenden Muskeln der verschiedenen Gelenke gewahren, zeigt, dass die motorischen Centren für die einzelnen Muskeln und Muskelgruppen ganz unabhängig von einander arbeiten. Demgemäss könnte man annehmen, dass sie sich auch in anatomischer Unabhängigkeit von einander befinden. Die Verbreitung der reflectorischen Erregung im Marke, wie nach Strychninvergiftung u. s. w. ist aber schwer mit dieser Annahme in Einklang zu bringen. Es kommt mir daher wahrscheinlicher vor, dass die Möglichkeit der gegenseitig unabhängigen Arbeit in den motorischen Centren durch eine geeignete Regulirung der Widerstände bedingt sei, die in den Verbindungsbahnen zwischen den verschiedenen Centren vorhanden sind.

II. Die Reflexbewegungen bei Nicht-Ausführbarkeit der intendirten Gelenkstellungen.

Für die Beurtheilung der Vorgänge in den reflectorischen Centren und nicht minder für die Methodik der Untersuchung ist es eine Frage ersten Ranges, ob die Oertlichkeit des ausgelösten Reflexes auch bestimmt werde durch die Ausführbarkeit

der intendirten Gliederstellung, vorausgesetzt natürlich, dass das äussere Hemmnis, welches die vom reflectorischen Centrum primär intendirte Gliederstellung ändert, keinen neuen sensiblen Reiz einführt.

Diese Frage suchte ich für die Zwecke meiner zukünftigen Beobachtungen dadurch zu lösen, dass ich die Reflexe untersuchte bevor und nachdem ich die Ansätze der Muskeln ablöste, welche vorzugsweise durch die Reizung eines bestimmten Hautortes in Contraction kamen.

Wenn der am Kiefer aufgehängte hirnlose Frosch dadurch gereizt wird, dass man seinen Fuss in eine sehr verdünnte Schwefelsäure eintaucht, so erfolgt in der Regel eine einfache Beugung aller Gelenke des gereizten Beins, durch welche der Fuss aus der Schwefelsäure herausgezogen wird. Dieses Verhalten benutzte ich zu dem oben angegebenen Zweck. Ich durchschnitt zu dem Ende am Hüftgelenk die mm. rect. anter., adductor longus, ileo-psoas, vastus internus; — am Kniegelenk die mm. biceps, semitendinosus, rectus internus major u. minor; — am Fussgelenk die mm. tibialis anticus, flexor tarsi anticus u. posticus. Nachdem die Durchschneidung aller dieser Beuger geschehen war, fand sich, dass das in die Schwefelsäure eingetauchte Bein nun gar keine Bewegungen im Hüft-, Knie- und Fussgelenk mehr ausführte. Allerdings trat durchaus nicht in allen Fällen, in welchen jene Muskeln durchschnitten waren, eine vollständige reflectorische Ruhe ein; eben dieses war ja nach den in der ersten Nummer mitgetheilten Versuchen auch gar nicht zu erwarten, weil die Reflexe sich nicht immer auf eine Beugung der genannten Gelenke beschränkten; genug dass, wenn in der That der ausgelöste Reflex zu einer Beugung jener Gelenke führte, durch die Abtrennung jener Muskeln eine vollkommene Ruhe der erregten Gliedmaasse herbeigeführt werden konnte.

Zu diesem Versuche machte ich nun eine Gegenprobe, die darin bestand, dass ich das Verhalten der abgeschnittenen Muskeln während und nach der Reizung fest zu stellen suchte. Um dieses zu ermöglichen, construirte ich einen Apparat, in welchem der Rumpf und die Gliedmaassen des enthirnten Frosches, ohne die Haut zu reizen unbeweglich festgestellt werden konnten. Darauf löste ich die Sehnen dreier verschiedener Muskeln an ihrem unteren oder oberen Ansatzpunkte ab, setzte

in jedem derselben einen kleinen Haken fest, an welchen ein fester Faden gebunden war, der mittelst je zwei Rollen zu je einem Schreibhebel führte. Die Federn dieser Letzteren lehnten gegen eine mit berusstem Papier überzogene rotirende Walze. Nachdem dies geschehen war, reizte ich auf die im ersten Abschnitt beschriebene Weise verschiedene Hautstellen mit Eisessig. Hier stellte sich dann neben Manchem andern, was ich einer weitern Mittheilung vorbehalte, die Thatsache heraus, dass die für die Bewegung der Knochen unwirksam gemachten Muskeln sich ganz in derselben Weise zusammenzogen, als ob sie noch in ihren normalen Verbindungen geblieben wären.

Aus diesen beiden Versuchsreihen geht, wie ich glaube, unzweifelhaft hervor, dass dem Froschrückenmarke keineswegs die Wahl über die Muskeln freisteht, welche zum Reflexe verwendet werden sollen und noch weniger, dass es zu einem andren Typus der Bewegungen greifen kann, wenn ihm die Möglichkeit genommen ist, die durch den normalen Reflex hervorgerufene Gliederstellung in der That auszuführen. Daraus, dass zuweilen nach der Verstümmelung einer Gliedmaasse die Reizung derselben Hautstelle eine andere Bewegung bedingt, als vorher eingetreten war, folgt um so weniger etwas für das Vermögen einer freien Wahl als dieselbe Erscheinung oft genug auch bei zwei auf einander folgenden Reizungen eines unverstümmelten Gliedes eintritt.

III. Reflectorische Leistungsfähigkeit der einzelnen motorischen Wurzeln und Fasern.

Wiederholt ist die Frage aufgeworfen worden, ob sich alle motorischen Nervenwurzeln an der Reflexbewegung betheiligen; noch neulich ist dieses von *Paschutin* geschehen und dahin beantwortet, dass nur zwei der vier motorischen Wurzeln für die hintere Extremität im Stande seien Reflexe auszulösen.

Ein Plan für die zur Beantwortung der vorliegenden Frage anzustellende Versuchsreihe bietet sich leicht dar; denn er würde dahin lauten, dass man alle übrigen Wurzeln wegschnitte und nur die eine stehen liesse, deren reflectorische Leistungsfähigkeit man prüfen wollte. Indem man aber zur Ausführung desselben geht, stellen sich sogleich Schwierigkeiten ein und zwar

vorzugsweise dadurch, dass der Ursprung der motorischen Wurzeln in mehrfacher Beziehung ein sehr unregelmässiger ist. So entspringen sie selten auf ganz derselben Höhe wie die entsprechenden sensiblen; dann sind die gleichnamigen motorischen Wurzeln oft von ungleichem Durchmesser, so dass die eine um so viel an Fasern gewonnen zu haben scheint, als die andre daran eingebüsst hat. Zu den grössten Verwirrungen für unsern Zweck aber giebt das häufige Vorkommen Veranlassung, dass ein und dieselbe Wurzel in 2, 3 und selbst 4 getrennten Bündeln entspringt, in welcher Beziehung, ebenso wie auch in der vorher erwähnten, auf den beiden Seiten manchmal noch ansehnliche Unterschiede wahrgenommen werden. Demgemäss kann man öfter erst bei der Obduction, bei welcher man die motorischen Wurzeln bis zu ihrer Verbindung mit den sensiblen verfolgt, entscheiden, welche derselben bei den Versuchen durchschnitten wurden. Aber selbst bei der Zergliederung bleibt es manchmal noch zweifelhaft, welche der Nervenwurzeln erhalten blieb. Aus allen diesem geht hervor, dass die Fragestellung, wie sie bisher geschehen ist, an einer Unbestimmtheit leidet; denn der Begriff motorische Wurzel umfasst eine variabele Grösse, was namentlich in den Fällen, in welchen positive Resultate gewonnen werden, sehr in Betracht zu ziehen ist, weil solche Resultate aus einer Mischung von reflectorisch leistungsfähigen und reflectorisch nicht leistungsfähigen Bündeln hergeleitet werden könnte. Man hat sich demnach die Frage so zu stellen: giebt es unter der Masse der vom Lendenmarke entspringenden motorischen Fasern solche, welche keine reflectorische Leistungsfähigkeit besitzen und wenn, in welchem Verhältnisse vertheilen sie sich durchschnittlich auf jeden einzelnen der 4 Nerven.

Nachdem ich an 26 Fröschen Versuche nach dem oben beschriebenen Plan angestellt hatte, bei welchen die 7., 8. und 9. Nerven sich als reflectorisch wirksam zeigten, schlug ich folgenden Weg ein um die Frage in der eben dargestellten Form zu lösen und dabei die vorher erwähnten Schwierigkeiten so viel als möglich zu umgehen. Beim enthirnten Frosche wurden von der Bauchhöhle aus 3 der 4 für die hintere Extremität bestimmten Nerven an einer Seite durchschnitten und nun der erhaltene Nerv auf seine reflectorische Wirkung geprüft. Nach der Ausführung des Reflexversuches wurde der Nerv electrisch

gereizt, einmal beim intacten Zustande der betreffenden Extremität und andre Male nach Durchschneidung verschiedener Muskeln. Diese Durchschneidungen mussten desshalb ausgeführt werden, weil man sonst nur die Resultate der Contraction aller vom Nerven versorgten Muskeln bekommt. Aus der Vergleichung der auf reflectorischem Wege und der durch directe electrische Reizung erhaltenen Bewegungen musste sich die Antwort auf die erwähnte Frage ergeben.

Bei diesem Verfahren wird sich von vornherein ein Nachtheil auf Seiten der reflectorischen Erregung erwarten lassen; denn, da durch die Durchschneidung von 3 Nerven auch der grössre Theil der Haut unempfindlich gemacht wird, so können nur noch solche Reflexe gewonnen werden, welche von den empfindlich gebliebenen Hautstellen ausgelöst werden. Dieser Nachtheil wird jedoch auf mehrfache Weise verringert. Zunächst können auch von dem Bein der entgegengesetzten Seite aus, das vollkommen empfindlich geblieben, Reflexe in den Muskeln angeregt werden, welche ihre Innervation durch den unverletzten Nerven empfangen; ferner aber ist auch, wie im topographischen Abschnitt erwähnt wurde, der Muskelbezirk, den selbst beschränkte Hautstellen reflectorisch beherrschen, in der Regel ein ausgebreiteter. Diesen Umständen mag es zu verdanken sein, dass ich trotz des Ausfalls der vielen sensiblen Nerven zu einem deutlichen Resultat gelangt bin.

Diese an 24 Fröschen gewonnenen Resultate sind in folgendem Verzeichnisse dargelegt. Der die reflectorischen Bewegungen betreffende Theil enthält sowohl die anderseitigen als die gleichseitigen Reflexe; die römischen Ziffern bezeichnen den jedesmal untersuchten Nerven:

VII (4 Versuche)

Reflectorisch	Electrisch
1 Mal nur Contraction der Bauchmuskeln, in den übrigen Fällen eine verschiedene Beugung und constant eine starke Einwärtsdrehung und Adduction im Hüftgelenke.	Genau dasselbe wie durch die reflectorische Erregung.

VIII (8 Versuche)

Hüftgelenk.		Kniegelenk.		Fussgelenk.	
Reflectorisch	Electrisch	Reflectorisch	Electrisch	Reflectorisch	Electrisch
7 Mal Beugung 8 - Streckung 2 - Einwärts-drehung 2 - Auswärts-drehung	Ganz dasselbe wie unter Reflectorisch	8 Mal Beugung 2 - Streckung 1 - Auswärts-drehung	8 Mal Beugung 8 - Streckung 1 - Auswärts-drehung	8 Mal Beugung 1 - Streckung 8 - Einwärts-drehung	8 Mal Beugung 8 - Streckung 8 - Einwärts-drehung

Mittelfuss.		Zehen.	
Reflectorisch	Electrisch	Reflectorisch	Electrisch
8 Mal Beugung 5 - Streckung	8 Mal Beugung 8 - Streckung	1 Mal Beugung 7 - Streckung	1 Mal Beugung 8 - Streckung auss. der des letzten Zehengliedes, das jedesmal nur gebeugt wurde. 4 Mal Abduction

IX (9 Versuche)

Hüftgelenk.		Kniegelenk.		Fussgelenk.	
Reflectorisch	Electrisch	Reflectorisch	Electrisch	Reflectorisch	Electrisch
9 Mal Streckung 2 - eine spurweise Beugung 8 - Auswärtsdrehung 8 - Abduction	9 Mal Streckung 2 - eine spurw. Beugung 9 - Auswärtsdrehung 9 - Abduction	7 Mal geringe Beugung 6 - Streckung	7 Mal geringe Beugung 9 - Streckung	3 Mal geringe Beugung 6 - Streckung	3 Mal geringe Beugung 9 - Streckung

Mittelfussgelenk.		Zehen.	
Reflectorisch	Electrisch	Reflectorisch	Electrisch
8 Mal Beugung 2 - Streckung	8 Mal Beugung 9 - Streckung	6 Mal Beugung 9 - Streckung	8 Mal Beugung 9 - Streckung 9 - Abduction

X (3 Versuche)

Reflectorisch	Electrisch
3 Mal Zuckungen in der Nähe des Afters 1 - Beugung u. Streckung der Zehen	Ganz dasselbe wie unter Reflectorisch.

Aus diesen Resultaten geht unzweifelhaft hervor, dass kein Nerv oder Muskel dem Einflusse einer reflectorischen Erregung entzogen ist. Dass die Thatsache, welche sich bei VIII und IX zeigte, wonach nicht in jedem Versuche alle die Muskeln auf reflectorischem Wege in Contraction versetzt wurden, mit welchen dieses durch die directe Reizung des Nerven erzielt werden konnte, dieser Folgerung keineswegs widerspricht, bedarf nach Allem früher Erwähnten wohl keiner näheren Erörterung.

In Betreff der Stärke der auf beiden Wegen erhaltenen Muskelcontraction ist hervorzuheben, dass in den meisten Fällen die reflectorische Beugung jedes Gelenkes und die gleiche Streckung des Hüftgelenks und der Zehen einzeln oder mehrmalen dasselbe Maximum erreichte, als durch die electrische Reizung herbeigeführt werden konnte. Ein gleiches konnte ich für die Streckung des Knie's, Fusses und Mittelfusses nicht constatiren. Dass aber eine Streckung dieser Gelenke in grösster Stärke auch auf reflectorischem Wege erreicht werden kann, zeigten uns die Reflexe nach der Strychninvergiftung.

Da nun die Reflexerregung in jedem Muskel das Maximum seiner für die Grösse der Gelenkbewegung verwerthbaren Contraction auszulösen im Stande ist, so ist es schwerlich denkbar, dass es ausser der reflectorisch erregbaren noch eine andere Gattung von motorischen Fasern gäbe. Mit anderen Worten: man ist dadurch zu der Annahme gezwungen, dass jede vom Lendenmarke her stammende motorische Faser reflectorische Leistungsfähigkeit besitzt.

In wiefern jeder einzelne Nerv bei den verschiedenen Gelenkstellungen betheiligt ist, darüber gewährt das vorstehende Verzeichniss einen genügenden Ueberblick. Dass ihm kein statistischer Werth beizulegen ist, versteht sich wohl von selbst.

Verfolgt man das Auftreten und Verschwinden der einzelnen Bewegungen mit Rücksicht auf das Verhältniss, in welchem die Nervenursprünge vom Anfange des Lendenmarks nach dem Schwanzende desselben zu vorrücken, so findet man, dass zuerst die Beugung der Hüfte auftritt und auch am ersten wieder verschwindet, darauf verschwindet grösstentheils die Beugung des Knie's und am letzten die Bewegungen der Zehen, einzelne Muskeln in der Nähe des Afters ausgenommen.

Ich mache hier darauf aufmerksam, dass in dem Verzeich-

nisse einzelne Gelenkbewegungen angegeben sind (Einwärtsdrehung der Hüfte, Auswärtsdrehung des Knie's), von welchen im ersten Nummer ausgesagt wurde, dass sie in der da angeführten Versuchsreihe fehlte. Vielleicht konnten sie hier desshalb zum Vorschein kommen, weil die gleichzeitige Wirkung antagonistischer Muskeln ausgeschlossen war.

In keinem der bisher angeführten Reflexversuche habe ich eine Abduction der Zehen wahrgenommen. Durch electrische Reizung des 8. und 9. Nerven wird sie dennoch von jedem abwechselnd oder theilweise erzeugt. Diese Bewegung kommt aber auch auf reflectorischem Wege zu Stande, namentlich auf Reizung des Kiefers, auf welche zugleich die Hüfte gebeugt und alle anderen Gelenke gestreckt werden, wie früher schon erwähnt wurde.

IV. Reflectorische Leistungsfähigkeit der sensiblen Nerven.

Eine ähnliche Versuchsreihe wie mit den motorischen habe ich auch mit den sensiblen Fäden der 7., 8. und 9. Wurzel angestellt. Ich bin dabei zu denselben Resultaten gelangt, welche schon *Eckhard* bei seinen Untersuchungen über die Verbreitung der sensiblen Nerven gefunden hat, wonach jede Hautstelle und Nervenfaser reflectorische Leistungsfähigkeit besitzt. Ausserdem haben mich meine Versuche dazu geführt, die verschiedenen Hautorte nach dem Grade ihrer Empfindlichkeit klassificiren zu können. Als Maass für die relative Grösse der Empfindlichkeit sehe ich an, 1) die Stärke der erreichten Muskelreaction und 2) die Zeit, während welcher ein Ort bei abnehmender Erregbarkeit reizbar bleibt. Die Reihenfolge, vom reizbarsten an abgerechnet, stellte sich folgendermaassen heraus: Aftergegend, 1. und 2. Zehe, Sohle und Rückenfläche des Fusses, äussere Seite des Knie's, innere Hälfte der Rückenfläche des untern Theils am Unterschenkel, der übrige Theil des Unterschenkels mit Ausnahme der Wade, äussere Seite des Oberschenkels, obere Wadengegend, innere Rückenhälfte des Oberschenkels, Kniekehle.

V. Ueber die Reflexe, welche nach theilweiser Durchschneidung des Rückenmarks übrig bleiben.

Durch diese Versuchsreihe beabsichtigte ich nichts andres, als in Erfahrung zu bringen, ob alle Theile des Markes, welche

sich vom Ursprunge des 6. Nerven bis zum Schwanzende des Markes erstrecken, reflectorisch wirksam sind und ob einzelne Theile des genannten Stücks besondern Reflexbewegungen vorstehen. Diese Aufgabe erschien lösbar und zwar einfach dadurch, dass ich der Reihe nach vom 6. Nerven abwärts das blossgelegte Mark mit einer scharfen Scheere durchschnitt. Die Genauigkeit der Zergliederung, welche durch dieses Verfahren erreichbar ist, prägt sich am besten dadurch aus, dass zwei Querschnitte durch das Mark, die um $1/4$ Mllmtr. unterschieden waren, an bestimmten Orten sehr deutliche Unterschiede in den noch zurückbleibenden Reflexen gewahren liessen. Diese Erscheinung sagt freilich nicht aus, dass $1/4$ Mllmtr. unterhalb des Schnittes das Rückenmark noch vollkommen gesund gewesen sei, aber es beweist zum Mindesten, dass die Zerstörung des Markes in einem gleichmässigen Abstand vor dem Schnitte herlief.

Um die Versuche, welche an verschiedenen Fröschen angestellt waren, mit einander vergleichbar zu machen, ging ich anfänglich von dem Gedanken aus, das Rückenmarksstück, welches zwischen zwei sensiblen Nervenwurzeln liegt, in 4 Theile zu theilen, sodass $6^1/_4$, $6^1/_2$, u. s. w. einen Schnitt im ersten, zweiten, u. s. w. Viertel zwischen der 6. und 7. Wurzel bezeichnet. Diese Eintheilung gewährt jedoch, wegen des unregelmässigen Ursprungs auch der sensiblen Wurzeln, keineswegs eine völlige Vergleichbarkeit.

Kaum wird es der Bemerkung bedürfen, dass ich nicht gesonnen bin, die Erfolge meiner Durchschneidungen etwa allein auf eine Verletzung der reflectorischen Centren zu beziehen. Der einzige Erfolg, welchen man nach der Durchschneidung des Markes beobachten kann, das Ausbleiben der Reflexbewegungen, kann ebensowohl bezogen werden auf die Zerstörung der Nervenbahn zu den Centren, als auch auf die der Letzteren selbst. Da ausserdem die reflectorischen Centren eine räumliche Ausdehnung besitzen, so wäre es möglich, dass eine theilweise Zerstörung eines derselben eingetreten wäre, ohne dass ein vollkommenes Erlöschen ihrer Function zu Stande gekommen sei. Demnach erscheint es nicht einmal gerechtfertigt, aus dem unvollkommenen Fortbestehen einer Bewegung schliessen zu wollen, dass das betreffende Centrum unberührt gelassen sei.

Die erste Reihe meiner Versuche werde ich, weil ich sie

weder für vergleichbar noch für gegliedert genug ansehe, nicht im Einzelnen mittheilen. Nur einige Ergebnisse, welche mir sehr augenfällig entgegentraten, will ich hervorheben.

Nach einer Anzahl von Durchschneidungen, die ich für vollkommen gelungen halte, waren alle Reflexbewegungen, die man überhaupt erzielen kann, noch unverändert, nachdem ich den Schnitt auf der Höhe von 6 oder $6^1/_4$ geführt habe. War dagegen der Schnitt auf $7^1/_8$, $7^1/_4$ oder $7^1/_2$ angelangt, so hatten alle Reflexe ein Ende. Dieses Resultat habe ich übereinstimmend in 30 Versuchen bestätigt gefunden. Aus dieser Erfahrung geht unzweifelhaft hervor, dass in dem Zwischenraum des 8. und 9. Nerven nicht alle die Bedingungen vereinigt sind, welche das Zustandekommen der Reflexe ermöglichen. Um mich zu vergewissern, dass der Grund des Misserfolges nicht in der Methode der Schnittführung gesucht werden könne, habe ich auch vom Schwanzende nach aufwärts die Durchschneidung ausgeführt und dabei beobachtet, dass die dem 7. Nerven angehörigen Reflexe noch unverändert fortbestehen, wenn ich das Stück, welches zwischen $6^1/_4$ und $7^1/_2$ liegt, unberührt gelassen. Einige Male sah ich noch Reflexe erfolgen, wenn ich das Rückenmark soweit zerstört hatte, dass nur noch der Theil übrig blieb, welcher die Eintrittsstelle des 7. Nerven unmittelbar umgiebt.

Mit Rücksicht auf die Beziehungen, welche zwischen dem Rückenmarksschnitt und den einzelnen Gelenkbewegungen bestehen, lassen die Versuche nur den Schluss zu, dass die Beugereflexe des Hüftgelenks am ersten aufhören, wenn man mit der Durchschneidung vom Kopf- gegen das Schwanzende vorrückt.

Die örtliche Beziehung zwischen der Höhe des Rückenmarksschnittes und dem Ausfall der Gelenkbewegungen habe ich noch in 11 Thieren genauer beobachtet, welche ich hier namentlich anführen werde, trotzdem dass meiner Methode nur dann eine Beweiskraft zuzuschreiben ist, wenn sie sich über sehr viele Fälle erstreckt hätte. Dieses wäre, wie ersichtlich, darum nothwendig gewesen, weil ein negativer Erfolg, das Ausbleiben einer Zuckung, gesucht werden soll, ein Ereigniss, das begreiflicher Weise eben so gut von der verminderten Reizbarkeit der peripherischen Theile, als auch von der der centralen abhängen kann.

Die Beugungen des Hüftgelenks fielen aus bei

6 — 1 Mal
$6\frac{1}{2}$ — 2 Mal
$6\frac{3}{4}$ — 2 Mal
$6\frac{7}{8}$ — 4 Mal
7 — 1 Mal

Die Streckung des Hüftgelenks war verschwunden bei

$6\frac{1}{2}$ — 1 Mal
$6\frac{7}{8}$ — 3 Mal?
7 — 2 Mal
$7\frac{1}{8}$ — 1 Mal
$7\frac{1}{4}$ — 2 Mal

Die Beugungen des Knie's hörten auf bei

6 — 1 Mal
$6\frac{1}{2}$ — 1 Mal
$6\frac{7}{8}$ — 1 Mal
$6\frac{7}{8}$ — 3 Mal
7 — 2 Mal
$7\frac{1}{8}$ — 1 Mal

Die Streckung des Knie's blieb aus bei

6 — 4 Mal
$6\frac{1}{4}$ — 2 Mal
$6\frac{1}{2}$ — 5 Mal

Ordnet man die ausgefallenen Bewegungen der Reihe nach, so verschwindet

1) Streckung des Kniegelenks; 6 Mal war sie verschwunden bevor noch eine andre Bewegung vermisst wurde; 5 Mal fielen gleichzeitig noch andre Bewegungen aus und zwar 3 Mal Beugungen der Hüfte und 3 Mal Streckung des Fusses. Bei der Kniestreckung ist aber in Betracht zu ziehen, dass, wie früher schon erwähnt, unsre Hautfläche zu ihrer Auslösung überhaupt wenig geeignet ist.

2) Darauf gleichzeitig Beugungen der Hüfte und Streckung des Fusses, 2 Mal die Beugung der Hüfte früher und 2 Mal die Streckung des Fusses. (Auch die Streckung des Fusses gehört unter die schwer zu provocirenden Bewegungen.)

3) Streckung des Mittelfusses.

4) Streckung der Hüfte und Beugung des Knie's; von diesen verschwindet bald die eine, bald die andre früher. Ist jedoch die Streckung der Hüfte verschwunden, so ist die Beu-

gung des Knie's immer noch sehr schwach, was vielleicht damit zusammenhängt, dass die mm. semimembranosus und recti interni, welche zugleich Strecker des Hüft- und Beuger des Kniegelenks sind, unwirksam gemacht sind.

VI. Empfindung für mechanische und chemische Reize.

Unter die äusseren Bedingungen, deren Einfluss auf die reflectorischen Vorgänge zu bestimmen ist, gehört selbstverständlich auch die Art des angewandten Reizes. Ich halte es desshalb für geeignet, hier einige meiner Erfahrungen über das verschiedene Verhalten in dieser Hinsicht von chemischen und mechanischen Reizen mitzutheilen.

1) In den weitaus meisten Fällen ist die Haut der hinteren Froschextremität noch lebhaft empfindlich gegen chemische Reize, nachdem jede mechanische Reizung schon längst ihre Wirksamkeit eingebüsst hat. Natürlich darf man dieses Verhältniss nur prüfen, indem man das Thier so viel wie möglich sich selbst überlässt und nicht durch anhaltende oder schnell wiederholte Reizung der einen oder andren Art störend eingreift.

2) Kneift man, bei einem mittleren Grad von Reizbarkeit des Thieres, irgend eine Hautstelle anhaltend mit solcher Stärke, dass weitere Steigerung des Reizes keine Erhöhung der Intensität und grössere Ausbreitung der Bewegungen erzeugt, und reizt nun ein andermal dieselbe Stelle (wenn man durch die vorhergehende mechanische Reizung nicht zerstörend auf sie gewirkt hat) mit einer 20procentigen Essigsäure, so sind im letzteren Fall die Bewegungen viel energischer, ausgebreiteter und mehr andauernd als im ersteren. Die nach einer solchen chemischen Reizung eintretende Erschöpfung währt länger als die nach der mechanischen.

3) Kneift oder quetscht man eine Hautstelle eines sehr reizbaren Thieres mit solcher Stärke und so lange, bis diese Stelle auch später gegen weitere mechanische Reize unempfindlich bleibt und betupft man nun diese Stelle innerhalb derselben räumlichen Ausdehnung alsbald mit sehr verdünnter Essigsäure, so bekommt man meistens noch Reflexbewegungen. — Hat man dagegen starke chemische Reizmittel, z. B. 25procentige Essigsäure angewendet, dann kann man durch mechanische Reizung von derselben Stelle aus weiter keine Reflexe hervorbringen,

als wenn man mit der Haut auch tieferliegende Gebilde; also subcutane Nerven oder mehr central gelegene Abschnitte der zu der Haut gehenden Fasern trifft. — Aehnliche Resultate bekommt man, wenn beide Reizungsarten abwechselnd in minimal wirksamer Stärke applicirt werden; die Stärke des jedesmal zuletzt applicirten Reizungsmittels wird hierbei durch Vergleichung an andren Hautstellen ermittelt.

Aus 1) und 2) erfolgt, dass die Steigerung der reflectorischen Erregung durch Reizung mit chemischen Mitteln viel weiter fortgesetzt werden kann, als durch mechanische Reizung. Dieses kann nur dadurch bedingt sein, dass die zerstörende Wirkung (durch Zerdrücken, u. s. w.) auf die getroffenen Theile auf mechanischem Wege weit eher herbeigeführt wird als bei Anwendung chemischer Mittel.

Die unter 3) erwähnten Thatsachen ergeben, dass, in welcher Stärke ein mechanischer Reiz auch angewendet sei, er die gereizte Stelle weit ungleichmässiger trifft als ein chemischer Reiz, da vom ersteren nicht alle Punkte der getroffenen Stelle dauernd oder vorübergehend unempfindlich gemacht werden.

Die Prüfung der (mit dem in der II. Nummer beschriebenen Apparat) erhaltenen Contractionscurven der einzelnen Muskeln ergab, dass chemische Reizmittel fast ohne Ausnahme tetanische Contractionen erzeugten, während durch mechanische Reizung durchgehends wiederholte Zuckungen, seltner ein kürzrer Tetanus herbeigeführt wird.

VII. Wiederholung derselben Bewegung bei anhaltender Reizung.

Vorhin ist schon angedeutet worden, dass bei anhaltender Reizung, und einem genügenden Grad von Erregbarkeit, dieselben Reihenfolgen von Bewegungen sich wiederholen. Hauptsächlich ist dies der Fall bei chemischer Reizung, die ausserdem der Natur der Sache nach nie momentan angewendet werden kann. Zwischen dem ersten und zweiten Erscheinen derselben Muskelbewegung, welche sich an zwei aufeinanderfolgenden Gliederstellungen betheiligt, liegt stets eine deutlich wahrnehmbare Pause, welche um so kürzer währt, je grösser die Reizbarkeit ist. Dieses abwechselnd Verschwinden und Erscheinen einer Bewegung zeigt an, dass der Reiz, obwohl er continuirlich besteht, dennoch nur periodisch seine auslö-

sende Wirkung äussert. Als erklärende Momente hierfür könnte man anführen: 1) dass nach jedesmaliger Arbeitsleistung in den betreffenden Nervenbahnen eine Ermüdung eingetreten sei; die Pause würde dann die Erholungszeit darstellen; oder 2) dass die Erscheinung daher rühre, dass die durch den Reiz frei gemachten Kräfte sich jedesmal bis zu einer gewissen Grösse summiren müssen, um die vorhandenen Leitungswiderstände überwinden zu können. Für die letztere Erklärungsweise spricht schon an sich die Thatsache, dass die Bewegungen sich um so schneller wiederholen, je grösser die Reizbarkeit ist, d. h. je kleiner die Widerstände sind. Ich glaube, dass folgender Versuch einen noch bessern Beleg dafür giebt.

Bei einem auf die vorhin erwähnte Weise enthirnten und gegen Blutverlust geschützten Frosche beobachte man nach einiger Zeit die Länge der zwischen dem Auftreten derselben Bewegung liegenden Pause; darauf lasse man das Thier durch Exstirpation des Herzens verbluten. Hiernach tritt jedesmal eine Erhöhung der Reizbarkeit und damit zugleich eine beträchtliche Abkürzung der genannten Pause ein. Da man nun annehmen muss, dass eine Erholung von der Ermüdung durch die Verblutung erschwert ist, so kann die Abkürzung jener Pause nur durch die Verringerung der Leitungswiderstände bedingt sein.

Noch eine andre Erscheinung glaube ich auf eine Summirung von Kräften zurückführen zu dürfen. Ich beobachtete öfter, dass wenn zwei gleiche schwächere Reize kurz nach einander applicirt werden, die auf den letzteren folgende Bewegung energischer war als diejenige, welche nach dem ersteren Reiz auftrat. Als die wahrscheinlichste Erklärung hierfür halte ich nur die, dass die vom ersteren Reiz disponibel gemachten Kräfte bei der darauf folgenden Bewegung nur theilweise ausgelöst wurden, während der restirende Theil sich zu denjenigen Kräften summirte, welche durch den zweiten Reiz disponibel wurden.

Ueber die Kohlensäure in den Blutkörperchen.

Erste Abhandlung.

Von

Alex. Schmidt.

Mit drei Holzschnitten.

1) Die Frage, ob die Blutkörperchen Kohlensäure enthalten oder nicht, war bis dahin eine offene; allerdings scheint mit ihrer Anwesenheit in den Blutkörperchen der Umstand unverträglich zu sein, dass diese einen Stoff enthalten, welcher die Kohlensäure aus ihren alkalischen Verbindungen austreibt. Aber die Körperchen vermögen dieses nur mit Hülfe des luftleeren Raums, eine Unterstützung, deren sie im lebenden Zustande entbehren. Zu dieser Erwägung, welche die Möglichkeit nicht ausschliesst, dass innerhalb der Körperchen Kohlensäure anwesend sei, kommt noch eine andere, welche sich auf die Gasanalysen des Gesammtbluts und seines zugehörigen Serums gründet. Nach *Schöffer* enthalten 100 Theile Serums soviel mehr CO_2 als 100 Theile seines Gesammtbluts, dass möglicher Weise die gesammte CO_2 des Blutes in dem letzteren enthalten sein könnte.

Folgt man nun der Annahme, es seien die Körperchen frei von Kohlensäure, so berechnet sich, wie *Preyer* zeigte, aus den Zahlen von *Schöffer* in 100 Th. Blutes 78—74 Gewichtstheile Serum. Diese Zahlen weichen von dem auf andere Weise bestimmten Serumgehalt des Blutes zwar nicht so weit ab, dass man unbedingt die Voraussetzung, unter der sie berechnet wurde, für unrichtig erklären müsste, immerhin aber ist doch die Abweichung gross genug, um das Ergebniss als einen strengen Beweis für den Mangel der Kohlensäure in den Körperchen ansehen zu dürfen. Weil aber die Entscheidung der vorliegenden Frage sowohl für die Blutanalyse als für die Erkenntniss

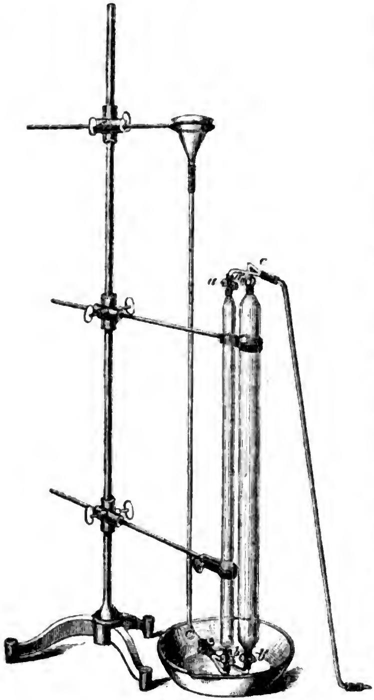
der chemischen Eigenthümlichkeiten des Blutkörperchens und die Respiration von Bedeutung ist, so entschloss ich mich, den Gegenstand einer erneuten Prüfung zu unterwerfen.

Die Methode, mit welcher ich zum Ziel zu gelangen trachtete, beruht im Wesentlichen auf dem schon von meinen Vorgängern betretenen Wege. Insbesondere aber darauf, dass man von einem und demselben Blute zwei verschiedene Portionen auffängt, von denen man die eine in defibrinirtem Zustande unmittelbar zur Bestimmung der Kohlensäure im Gesammtblut verwendet, während man die andere zur Gewinnung von einer solchen Menge von Serum benutzt, dass sein Kohlensäuregehalt mit genügender Sicherheit bestimmt werden kann. Alsdann berechnet man unter der Annahme, dass die Körperchen frei von Kohlensäure seien, aus den CO_2–Procenten des Gesammtblutes und denen des Serums das Volum des Serums in der Einheit des Blutes. Der Weg, auf welchem ich die beiden zur Verwendung kommenden Blutmengen sammelte, unterscheidet sich jedoch wesentlich von dem früher eingeschlagenen. Da ich glaube, dass er sich auch in andern Fällen brauchbar erweisen wird, so will ich ihn hier kurz beschreiben.

Der Apparat (s. folg. S.), in welchem ich das Blut aus der Arterie des Thieres eintreten liess, besteht aus zwei ungleich weiten, aber gleich langen Glascylindern, von denen jeder an seinen beiden Enden $a\ b$ und $a'\ b'$ in ein enges Rohr ausgezogen ist.

Die ausgezogenen Enden werden beiderseits durch Kautschukschläuche mit den gläsernen Gabelröhren C und C' verbunden, so dass hierdurch ein communicirendes Röhrensystem hergestellt wird, mit einem einzigen Einfluss bei C und einem einzigen Abfluss bei C'. Diesen kleinen Apparat befestigt man auf zweckmässige Weise in einem gewöhnlichen Halter in der Art, dass die beiden Glascylinder senkrecht stehen. Alsdann fügt man mittelst Kautschuk an die Ausflussmündung C' ein Glasrohr in aufrechter Stellung, welches an Länge die Cylinder übertrifft, und das an seiner freien (obern) Mündung einen Glastrichter trägt. Durch bekannte Handgriffe kann man durch das Glasrohr die beiden Cylinder und die mit ihnen in Verbindung stehenden Gabeln unter Ausschluss aller Luftblasen mit Quecksilber anfüllen. Ist dieses geschehen, so schliesst man mittelst eines Kautschukrohres und einer umgelegten Schraubenklemme

die Stiele der Gabeln bei C und C' ab, setzt darauf das untere Ende des Apparats in eine Schale mit Quecksilber und entfernt nun das Rohr, welches den Trichter trägt. Alsdann legt man die Carotis eines grossen Hundes blos, bindet in der Lichtung derselben eine Canüle von Glas und befestigt an diese ein Glasrohr, welches lang genug ist, um von der Carotis bis zum Stiel der Gabel zu reichen; natürlich muss dieses Rohr mit den passenden Biegungen versehen sein, um die Arterie und den Stiel der Gabel C bequem mit einander verbinden zu können. Bevor dieses Letztere bewerkstelligt wird, lässt man so viel Blut aus der Carotis in das mit ihr verbundene Glasrohr eintreten, bis dasselbe gefüllt ist, steckt sie darauf in den Kautschuk der freien Mündung von

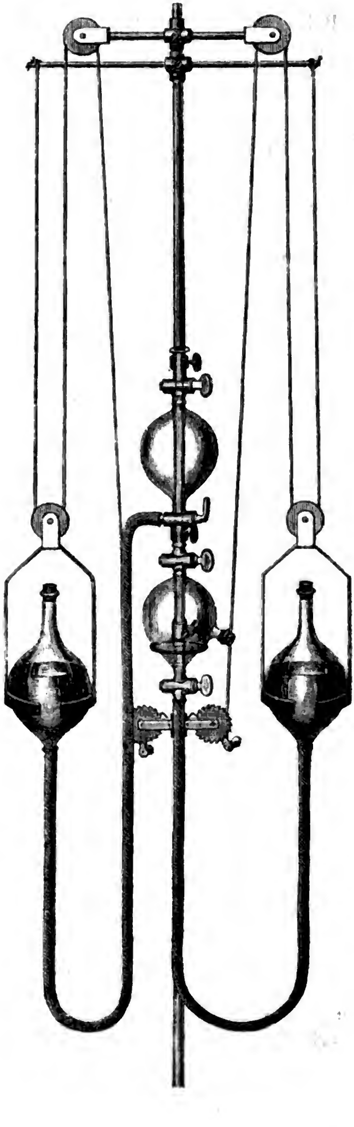


C, entfernt durch geeignete Manipulation und unter Zutritt von etwas Blut die wenige Luft, welche etwa noch irgendwo vorhanden, und bindet nun das blutzuführende Rohr auf dem Stiel der Gabel fest. Ist dieses geschehen, so öffnet man die bis dahin mit den Fingern zugehaltene Carotis, und sogleich schraubt man die Klemme bei C auf, wobei zu beachten, dass kein Hg-Tropfen gegen die Carotis hinfliesst, und darauf eröffnet man auch die unter dem Quecksilber bei C' anliegende Klemme. Das Blut, welches aus der Carotis in den Raum strömt, den das ausfliessende Quecksilber frei macht, vertheilt sich in dem com-

municirenden Röhrensysteme durchaus gleichmässig, so dass die Spiegel des Quecksilbers in den beiden Röhren immer auf gleicher Höhe absinken. Sowie die nöthige Menge von Blut in die Röhren eingetreten ist, wird die Klemme bei C' geschlossen und sogleich darauf die bei C; dann werden durch vier Klemmen die Kautschukröhren bei $a\,a'$ und $b\,b'$ zugeschlossen und der Apparat auseinander genommen. Das Blut in der kleinen Röhre wird alsdann durch Schütteln mit dem restirenden Quecksilber defibrinirt.

Dasjenige in dem grossen Cylinder aber wird sorgfältig in aufrechter Stellung in einer Blechbüchse eingeschlossen in Eiswasser aufgehoben. Nachdem sich am andern Tage das Serum abgeschieden, wird dieses mit Hülfe des Trichterrohres D durch das von unten einfliessende Quecksilber mit bekannten Vorsichtsmassregeln in den Blutrecipienten übergeführt. In den meisten Fällen hatte sich das Serum so rein abgeschieden, dass die in den Recipienten übertretende Menge eine kaum merkbare Röthung darbot.

Die Pumpe, deren ich mich zur Entgasung bediente, weicht in ihrem Bau von dem der ältern *Ludwig*'schen dadurch ab, dass, wie der Holzschnitt 2 (s. folg. S.) sehen lässt, der Abschluss der einzelnen Räume nicht mehr durch Kautschuk, sondern durch *Geissler's* Glashähne besorgt wird, und ferner dadurch, dass statt der feststehenden Röhren für das Anfüllen und Auslassen des Quecksilbers jetzt die Schläuche mit aufgesetzter Füllungskugel von *Helmholtz* angewendet sind. Da das Princip festgehalten wurde, den luftleeren Raum durch Ablassen von Quecksilber herzustellen und ebenso die aus dem Blute abgeschiedenen Gase vor ihrer Ueberführung in das Sammelrohr von dem Blute zu trennen, so verlangte die neue Construction für jeden der beiden unabhängig von einander zu behandelnden Kugelräume einen eigenen Füllungsschlauch. In dieser Form hat sich der Apparat, ohne an seiner sonstigen Brauchbarkeit etwas einzubüssen, besonders dadurch als zweckmässig erprobt, dass man in einer Stunde 30—35 CC. Blut gasfrei machen kann. Hierdurch wurde es möglich, sechs Auspumpungen, welche öfter zu einem Versuche gehörten, in einem Tage zu vollenden. Ich lasse nun die Resultate, welche ich über den Kohlensäuregehalt in 100 Theilen Gesammtblut und in 100 Theilen des zugehörigen Serums bei sieben Hunden erhielt, folgen.



Versuchs-Nummer	In 100 Theilen CO_2		$\frac{CO_2 \text{ des Blutes}}{CO_2 \text{ des Serums}}$
I.	Blut	= 30,50	0,95.
	Serum	= 31,95	
II.	Blut	= 37,66	0,94.
	Serum	= 40,21	
III.	Blut	= 23,69	0,84.
	Serum	= 28,07	
IV.	Blut	= 30,74	0,81.
	Serum	= 37,97	
V.	Blut	= 30,87	0,88.
	Serum	= 35,00	
VI.	Blut	= 33,83	0,80.
	Serum	= 42,33	
VII.	Blut	= 32,23	0,87.
	Serum	= 37,02	

Macht man die Annahme, dass alle CO_2, welche diese Blutarten enthalten haben, ihrem Serum angehörten, so kann man zur Berechnung des Serumvolums die bekannte Formel von *P. du Bois* anwenden. Da dieselbe nicht allen Lesern geläufig sein dürfte, so erlaube ich mir, sie hierher zu schreiben.

Es sei b das Volum der Blutkörperchen und s das Volum des Serums, welche zusammen die Einheit des Blutvolums bilden; es sei ferner a der Gehalt der CO_2 in der Volumeinheit der Körperchen, k der gleichnamige Werth in der Volumeinheit des Serums und u der Gehalt an CO_2 in der Volumeinheit des Gesammtblutes, so wird $ab + ks = u$. Da nun nach der vorhin gemachten Voraussetzung $a = o$ sein soll, so geht die Gleichung in die andere $ks = u$ über, und es lässt sich $s = \frac{u}{k}$ auswerthen, da uns durch die Beobachtung die beiden letztgenannten Grössen bekannt sind. Berechnet man sich dieselben für die mitgetheilten sieben Beobachtungen, so erhält man die Werthe, welche die vierte Rubrik der vorstehenden Zusammenstellung ausfüllen.

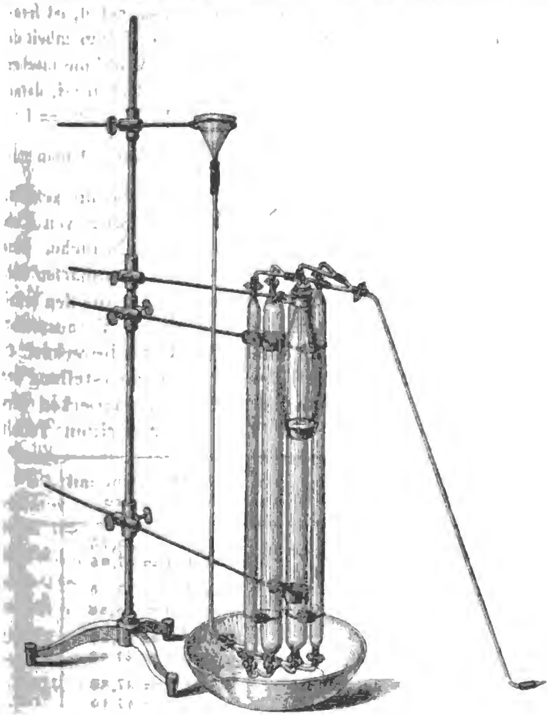
Die hohen Werthe, welche der Antheil des Serums in der Volumeinheit des Blutes auf Grundlage unserer Annahme erhält, zeigt auf das deutlichste, dass diese letztere unmöglich richtig sein kann. Schon der Augenschein lehrt uns, dass in 100 Thln. Blut mehr als 5 oder 6 Theile Blutkörperchen enthalten sein müssen.

In den beiden Fällen I. und II. haben also die Blutkörperchen ganz unzweifelhaft einen nicht unbedeutenden Gehalt an CO_2 besessen, der im ersten Falle sogar nahezu gleich dem des Serums sein musste wegen der geringen Abweichung der CO_2-Procente des Gesammtblutes von dem seines Serums. Aber auch für die übrigen Blutarten dürfte es kaum zweifelhaft sein, dass ihre Körperchen kohlensäurehaltig waren.

2. Die nächste Frage, die ich nach Erledigung dieser ersten aufwarf, bestand darin, ob die CO_2 des Körperchens in einer gesetzmässigen Beziehung zu der CO_2 des Blutes stehe. Hierüber suchte ich dadurch Aufschluss zu gewinnen, dass ich dasselbe Blut theils im unveränderten Zustande und theils mit einem Zuwachs von CO_2 versehen in der früher erwähnten Weise analysirte. Diesmal galt es also, aus der Arterie gleichzeitig vier Cylinder zu füllen, von denen zwei das Blut unmittelbar aus der Arterie erhielten, zwei dagegen das Blut erst aufnahmen, nachdem dasselbe jenseits der Arterie einen mit kohlensaurem Gas erfüllten Raum durchsetzt hatte. Es ist leicht zu erkennen, wie sich das Princip, das mir bis dahin zum Auffangen des Blutes diente, der neuen Forderung anpasst. Das Glasrohr, welches aus der Arterie hervorgeht, spaltet sich zunächst in zwei Hauptzweige. Der erstere derselben, welcher das unveränderte Blut liefern soll, theilt sich sogleich wieder und geht in der früher beschriebenen Weise in die beiden Cylinder über, von denen der eine das Gesammtblut, der andere das Serum zur Analyse hergeben soll. Der zweite Hauptzweig durchsetzt dagegen, bevor er sich abermals theilt, zuerst die mit Kohlensäure gefüllte Flasche und zwar in der Weise, wie es der nebenstehende Holzschnitt zeigt. Das Zurückweichen des kohlensauren Gases in den Strom gegen die Arterie hin war verhindert durch die Anlegung eines dünnwandigen Röhrenventils an das Glasstück, welches in den Gasraum mündete. Das Rohr, welches vom Boden der Gasflasche her nach Aussen trat, theilte sich nun erst nach den beiden Cylindern hin, aus welchen beiden an CO_2 reicheren Flüssigkeiten das Blut und das Serum gewonnen werden sollten. Die Ausflüsse sämmtlicher vier Cylinder liefen in eine einzige Mündung aus, so dass die vier Cylinder abermals ein communicirendes System darstellten.

Durch die Analyse von zwei Blut- und Serumarten, die sich durch nichts anderes als durch ihren Gehalt an CO_2 unter-

scheiden, gewinnen wir nun die Unterlagen zu mehrfachen Betrachtungen. Zunächst wissen wir, wie viel CO_2 von 100 Theilen



Blut und wie viel von 100 Theilen Serum aufgenommen wurde. Wir können demnach vergleichen, wie sich die neu hinzugetretene CO_2 zwischen dem Serum und den Körperchen vertheilt hat, namentlich aber, ob die letztern einen Antheil der CO_2 binden. Zu diesem Aufschluss gelangt man auch, ohne den Gehalt des Blutes an Serum zu kennen, durch folgende elementare Betrachtung.

Es sei u die CO_2, die in der Volumeinheit des ursprünglichen Blutes enthalten war, und u' die CO_2, welche die Volumeinheit des mit CO_2 behandelten Blutes besitzt, so ist $u' - u$

das von der Bluteinheit absorbirte CO_2-Volum. Bezeichnet ferner k die CO_2 in der Volumeinheit des ursprünglichen Serums und k' die CO_2 in der Volumeinheit des gekohlensäuerten, ist ferner s der unbekannte Serumantheil, welchen die Volumeinheit des Blutes enthält, so wird, wenn wir hier die Annahme machen, dass das sämmtliche $u' - u$ an das Serum getreten sei, daraus die Proportion hervorgehen, dass $s : sk + (u' - u) = 1 : k'$ und daraus $s = \frac{u' - u}{k' - k}$. Selbstverständlich kommt man unter der Annahme, dass alle absorbirte CO_2 in das Serum getreten, zu demselben Resultate auch mit der Gleichung von *P. du Bois*, wie ich hier nicht weiter auszuführen brauche. Diese gleichzeitige Bestimmung zweier Blut- und Serumarten habe ich bei verschiedenen Hunden angewendet und aus den erhaltenen analytischen Resultaten nach der obigen Voraussetzung den Serumgehalt in der Volumeinheit des Blutes berechnet. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Zusammenstellung enthalten; die erste Zahlenreihe ist, wie man bemerken wird, identisch mit den ersten vier Zahlen der vorigen Tabelle.

	Ursprünglicher Kohlensäuregehalt	$\frac{u}{k}$	Nach Behandlung mit Kohlensäure	$\frac{u}{k}$
I.	Blut = 30,50 Serum = 31,95	0,95	Blut = 38,15 Serum = 47,05	0,81
II.	Blut = 37,66 Serum = 40,21	0,94	Blut = 45,80 Serum = 58,88	0,78
III.	Blut = 23,69 Serum = 28,07	0,84	Blut = 26,56 Serum = 33,80	0,79
IV.	Blut = 30,74 Serum = 37,97	0,81	Blut = 37,83 Serum = 47,40	0,80.

Aus einer Betrachtung der vorstehenden Zahlen ergiebt sich zunächst, dass die Blutkörperchen in allen vier Fällen von vornherein eine gewisse Menge Kohlensäure enthalten haben. Dieser Schluss, den uns schon der hohe Werth nahelegte, welchen der Quotient aus dem Kohlensäuregehalt des Gesammtblutes durch den des Serums in einigen der bereits in der ersten Tabelle angeführten Fälle erreichte, folgt jetzt mit Nothwendigkeit aus dem Umstande, dass der in Rede stehende Quotient, wie ein Blick auf die vorstehende Tabelle lehrt, durch die künstlich hinzugeführte Kohlensäure eine mehr oder weniger

bedeutende Verkleinerung erfahren hat. Dieses ist aber nur unter der Bedingung möglich, dass die Blutkörperchen von vornherein kohlensäurehaltig waren, da im andern Falle durch die künstlich bewirkte Vermehrung der Blutkohlensäure unser Quotient entweder gar nicht verändert worden wäre, oder, falls ein Theil der von aussen absorbirten Kohlensäure in die als ursprünglich kohlensäurefrei angenommenen Blutkörperchen übergegangen wäre, derselbe eine Veränderung in der entgegengesetzten Richtung, d. h. eine Vergrösserung hätte erfahren müssen.

Die aus unserer zweiten Tabelle nach der Formel $\frac{u' - u}{k' - k}$ berechneten Serumgehalte sind der Reihe nach: 0,51 — 0,44 — 0,50 — 0,75. Die drei ersten dieser Werthe sind augenscheinlich für den Gehalt des Serums in der Volumeinheit Blut viel zu klein. Dieses ergiebt sich schon daraus, dass ich mehr als die Hälfte von der Volumeinheit des benutzten Blutes an Serum gewinnen konnte.

Wenn nun aber die zu dem Blute getretene Kohlensäure nicht im Stande ist, das Ganze, sondern nur einen Theil seines Serums auf den Gehalt zu bringen, welchen die Analyse in der That in ihm nachwies, so muss unzweifelhaft noch irgendwo anders her dem Serum Kohlensäure zugeflossen sein. Unter den gegebenen Bedingungen lässt sich nun aber gar keine andere Quelle denken, als der CO_2-Gehalt der Blutkörperchen. Demnach führen meine Beobachtungen unausweichlich zu dem Schluss, dass unter gewissen Bedingungen durch das Einleiten von CO_2 in das Blut den Blutkörperchen zu Gunsten des Serums CO_2 entzogen werden kann.

So auffallend dieser Ausspruch nun auch sein mag, so wenig kann er, wie ich glaube, bezweifelt werden.

Die Einwände, welche man meiner Betrachtungsweise machen könnte, reduciren sich, soweit ich sehe, überhaupt nur auf zwei, und diese lassen sich, wie ich glaube, leicht widerlegen.

Der Erstere derselben würde sich gründen auf die Annahme, dass das Blut während seines 24stündigen Aufenthaltes in Eiswasser, der zur Abscheidung des Serums nothwendig war, eine neue Quantität von CO_2 gebildet habe. Dieses wird von

vornherein unwahrscheinlich durch die zahlreichen anderweitigen Beobachtungen, wonach durch die genannte Aufbewahrungsart des Blutes innerhalb 24 Stunden der Gasgehalt desselben überhaupt nicht geändert wird. Hätte dieses aber in den von mir untersuchten Blutarten ausnahmsweise stattgefunden, so wäre nicht einzusehen, warum dieses nur in einer der beiden Blutarten, aus denen das Serum gewonnen wurde, geschehen sein sollte, da beide gleichmässig und gleich lang aufbewahrt und ihre Sera rasch hintereinander ausgepumpt wurden. — Sowie aber in beiden Seren die CO_2 gewachsen, so hat dieses, weil nur der Unterschied ihres CO_2-Gehaltes in Betrachtung kommt, keinen Einfluss auf meine Schlussfolgerung.

Eine andere Reihe von Einwürfen könnte ausgehen von der Annahme, dass sich durch die eingeleitete CO_2 die im Blutvolum enthaltene Masse in einer andern Weise zwischen den Körperchen und dem Serum vertheilt habe. Wäre in der That das Volum des Letztern kleiner geworden, so würde meine Betrachtung ihren Boden verlieren, da sie eben darauf ruht, dass vor und nach dem Einbringen der CO_2 die Volumquote des Serums unverändert geblieben sei.

Zur Beurtheilung dieses Einwurfs stehen uns als Entscheidungsmittel zu Gebote das specifische Gewicht und die Menge des aus dem Blute gewonnenen Serums vor und nach der Behandlung mit CO_2.

Eine Minderung des Serums im Blute könnte doch nur so gedacht werden, dass von dem erstern eine gewisse Quantität Wasser oder CO_2-freier Salzlösung in die Körperchen überträte, da es eine abenteuerliche Unterstellung sein würde, dass CO_2-freies Serum in die Körperchen übergetreten sei. — Geschähe das erstere, ginge also Wasser in die Körperchen über, so musste sich dieses im specifischen Gewichte des Serums geltend machen; es musste also das Serum nach dem Einleiten der CO_2 specifisch schwerer sein als vorher. Zweimal (am Hunde- und Pferdeblutserum) habe ich die Bestimmung des specifischen Gewichts mit dem Piknometer ausgeführt und dasselbe vor und nach dem Einleiten der CO_2 gleich gross gefunden. Nun zeigt aber der einfachste Ueberschlag, dass, wenn sich der Antheil des Serums von etwa $^2/_3$ bis auf oder unter $^1/_2$ des Gesammtblutvolums durch Wasserabgabe vermindert hätte, eine sehr merkliche specifische Gewichtsänderung hätte eintreten müssen. — Dazu kommt,

dass der Einwurf, der von einer Minderung des Serums auf weniger als die Hälfte des Blutvolums hergenommen ist, durch die Menge des aus dem Blute zu gewinnenden Serums sogleich beseitigt werden kann. Aus beiden Blutportionen, der an CO_2 ärmeren und der daran reicheren, habe ich gleich viel Serum und namentlich nahezu oder gerade die Hälfte des ganzen Blutvolums gewinnen können.

Da nun aber zwischen dem Kuchen (beim Hundeblut) und zwischen den gesenkten Körperchen (beim Pferdeblut) noch viel Serum eingeschlossen ist, so geht hieraus ohne Weiteres hervor, dass die von mir beobachtete Erscheinung von einer Minderung des Serumantheils auf die Hälfte des Blutvolums überhaupt nicht abzuleiten ist.

Aus der Reihe der übrigen Beobachtungen fällt die vierte insofern heraus, als der Quotient aus den Differenzen der CO_2-Gehalte der beiden Seren in die der beiden Gesammtblute sich nicht auf 0,5, sondern auf 0,75 stellt. Dieser Werth kann je nach den Voraussetzungen über den Gehalt des Blutes an Serum ebensowohl für die Meinung verwendet werden, dass CO_2 aus den Körperchen getreten, als auch zum Gegentheil hiervon. Die Ursache des eigenthümlichen Verhaltens dieser Blutart ist vielleicht darin gelegen, dass von vornherein die Blutkörperchen im Verhältniss zum Serum wenig CO_2 enthielten, was auf Grundlage des grossen Unterschiedes im CO_2-Gehalte des Gesammtblutes und dem des Serums behauptet werden kann.

Nächst der ebenerörterten Thatsache, dass die Körperchen bestimmt werden können, CO_2 an das Serum abzutreten, wenn dem Blute von Aussen her CO_2 in einer gewissen, aber nicht näher zu bestimmenden Menge zugesetzt wird, führt meine oben mitgetheilte Beobachtungsreihe noch zu einer andern Folgerung.

Wenn wir in den vier Beobachtungen mit gekohlensäuertem Blute die Quotienten vergleichen, die wir dadurch erhalten, dass wir die CO_2-Procente des Blutes durch diejenigen des Serums dividiren, so fällt uns auf, dass sie in sehr engen Grenzen von einander abweichen; sie schwanken nämlich zwischen 0,78 und 0,81, und sie nähern sich also den Werthen, welche *Preyer* aus den von *Schöffer* analysirten Blutarten berechnet hat.

Die analytischen Werthe von *Schöffer* führten zu den Quo-

tienten 0,77 und 0,81. Rechnet man hierzu noch Versuch VI. aus der ersten meiner Beobachtungsreihen, in welchem der genannte Quotient 0,80 betrug, so findet man, dass in neun Beobachtungen siebenmal eine ganz ähnliche Zahl zum Vorschein kommt. Diesem häufigen Vorkommen muss irgend ein gesetzliches Verhältniss zu Grunde liegen, welches entweder darin besteht, dass durch den Hinzutritt neuer Kohlensäure zum Blut innerhalb oder ausserhalb der Blutgefässe die Körperchen ihren gesammten Besitz an diesen Stoff hergegeben haben, oder dass sie mindestens nur den Antheil ihrer CO_2 in sich zurückbehielten, welcher in einer besonders innigen Beziehung zu ihren übrigen Bestandtheilen steht. Da die Beobachtungen, deren Resultat bis dahin mitgetheilt wurde, uns nicht befähigen, über diese Alternative Aufschluss zu geben, so entschloss ich mich zu einer weitern Beobachtungsreihe. Diese will ich hier erst mittheilen und dann die soeben begonnene Betrachtung weiter führen.

3) Die Annahme, dass die Körperchen nur einen kleinen und zwar ganz bestimmten oder auch gar keinen Gehalt an CO_2 mehr besitzen können, wenn die CO_2-Procente der Blutflüssigkeit über eine bestimmte Grenze gewachsen sind, wird man leicht dadurch entscheiden können, dass man verschiedenen Portionen desselben Blutes verschiedene Mengen von CO_2 zusetzt und darauf die CO_2 in der Volumeinheit des Gesammtblutes wie des Serums misst.

Gesetzt nämlich, die Körperchen hielten nach Vermehrung der Kohlensäure im Blute einen ganz bestimmten, sich gleich bleibenden Kohlensäureantheil zurück, so müssten nach Zufuhr ungleicher Kohlensäuremengen zu zwei Proben eines und desselben Blutes die beiden Quotienten aus dem Kohlensäuregehalt des Serums in den des Gesammtblutes ungleichwerthig sein, und beide müssten ausserdem grösser sein, als der Quotient aus der Differenz des Kohlensäuregehalts der Seren in die gleichnamige Differenz der beiden Gesammtblutarten. Ist aber die Gleichheit des Kohlensäuregehalts der Körperchen dadurch erreicht, dass derselbe auf den Werth von Null herabgesunken ist, so würden alle drei Quotienten mit einander übereinstimmen. Diese Behauptung ist mit Hülfe der schon oben gebrauchten Formel ersichtlich zu machen.

Es sei, wie früher, in der Volumeinheit der beiden Blutarten b das Volum der Körperchen und s das des Serums, a der

CO_2-Gehalt in den Körperchen (in beiden Blutproben also gleich gross), k der CO_2-Gehalt des Serums in dem an CO_2 ärmern, k' der CO_2-Gehalt des Serums in dem an CO_2 reichern Blute, und endlich u der CO_2-Gehalt des an CO_2 ärmern, u' des an CO_2 reichern Blutes, so wird man zu den beiden Gleichungen

$$ab + ks = u; \text{ und } ab + k's = u'$$

gelangen. Hätte ab einen endlichen, aber in beiden Fällen gleichen Werth, so ergiebt sich aus jeder einzelnen dieser beiden Formeln, dass $\frac{u}{k} = s + \frac{ab}{k}$ und $\frac{u'}{k'} = s + \frac{ab}{k'}$ ist, während aus der Combination beider Formeln $\frac{u' - u}{k' - k} = s$ hervorgeht; es ist also: $\frac{u}{k} > \frac{u'}{k'}$ und $\frac{u'}{k'} > \frac{u' - u}{k' - k}$.

Wäre aber der CO_2-Gehalt der Blutkörperchen Null, so müsste $\frac{u' - u}{k' - k} = \frac{u}{k} = \frac{u'}{k'}$ sein, weil in diesem Falle alle drei Quotienten, wie sich aus den beiden obigen Gleichungen leicht berechnen lässt, einen und denselben Werth, nämlich den Werth s, geben. Der experimentelle Weg, den ich einschlug, um mehrere Portionen desselben Blutes mit einem ungleichen Gehalt an CO_2 zu begaben, war einfach der, dass ich in jedem der Hauptzweige meines Apparates eine kohlensäurehaltige Flasche einschaltete und den CO_2-Druck innerhalb jeder der beiden Flaschen ungleich machte. Zu dem Ende füllte ich die eine derselben mit reiner CO_2, die andere aber mit einem Gemenge aus gleichen Theilen N und CO_2. Da der absolute Druck in beiden Flaschen derselbe war, so musste in der einen derselben der CO_2-Druck noch einmal so gross sein als in der andern. Auf diese Weise habe ich am Hundeblute zwei Versuche angestellt, deren Resultate ich hier mittheile.

	CO_2-Druck = 1/2			CO_2-Druck = 1		
		CO_2-Gehalt	Quotient		CO_2-Gehalt	Quotient
1.	Blut	26,68	0,86	Blut	28,21	0,80
	Serum	31,11		Serum	35,37	
2.	Blut	34,10	0,80	Blut	37,20	0,83
	Serum	42,75		Serum	44,96	

Der erste dieser beiden Versuche ist insofern misslungen, als erst die unter dem höhern Druck absorbirte CO_2-Menge genügte, um den CO_2-Gehalt der Körperchen auf das früher beobachtete Minimum herabzudrücken. Ich werde ihn deshalb keiner weitern Besprechung unterziehen, will aber noch darauf hinweisen, dass der Quotient aus der Differenz des Kohlensäuregehalts beider Blutarten durch die entsprechende Differenz beider Serumarten hier sogar nur = 0,36 ist, eine Zahl, deren Kleinheit uns beweist, dass die Blutkörperchen in dem kohlensäurereicheren Blute bedeutend weniger Kohlensäure enthalten als im kohlensäureärmeren; sie haben also von ihrer eigenthümlichen Kohlensäure um so mehr verloren, je grösser die von aussen aufgenommene Menge dieses Gases war. Dieses bestätigt nur unsere früheren in dieser Beziehung gemachten Erfahrungen.

Interessanter ist der zweite Fall; hier wurde schon unter dem schwächern Drucke der CO_2-Gehalt der Körperchen auf sein Minimum herabgedrückt. Als nun aber von diesem Blute unter stärkerm Drucke noch mehr CO_2 und zwar nur um 3 Procent mehr aufgenommen wurde, stieg der Quotient aus dem CO_2-Gehalt des Serums in den des Blutes, statt noch weiter zu sinken, oder statt sich gleich zu bleiben, empor. Dieses war offenbar nur dadurch möglich, dass mit dem über 43 Proc. emporgegangenen CO_2-Gehalt des Serums zugleich auch die Körperchen einen sehr merklichen Zuwachs an CO_2 gewonnen hatten.

Um eine Bestätigung für dieses mir ganz unerwartete Resultat zu gewinnen, wendete ich mich noch zu einem Versuche an defibrinirtem Pferdeblut, das ich in acht Portionen theilte, von denen vier zur Gewinnung des Serums, die vier andern zur Gewinnung des Gesammtblutes dienten.

Hierdurch war ich im Stande, mit dem unveränderten Blute und dessen Serum drei andere zu vergleichen, deren CO_2-Gehalt in verschiedenen Abstufungen gesteigert war. Dass ich statt Blut des Hundes das des Pferdes anwendete, war nicht allein durch die Menge des nöthigen Blutes geboten, sondern auch durch die Schwierigkeit, frisches Blut mit drei verschiedenen CO_2-Mengen zu imprägniren, ohne dass eine Gerinnung eintrete. Hier leistete also das defibrinirte Pferdeblut, in welchem sich die Körperchen so vollständig absetzen, ausgezeichnete Dienste.

Um sicher zu gehen, dass alle Portionen des Blutes aus gleichen Antheilen von Serum und Körperchen bestanden, und um gewiss zu sein, dass wesentliche Unterschiede im CO_2-Gehalte der verschiedenen Portionen eingetreten waren, so verfuhr ich folgendermassen:

Die ganze Menge des Pferdeblutes wurde in eine grosse Flasche gefüllt; von dorther wurde durch Quecksilberdruck zuerst eine der früher beschriebenen Doppelröhren gefüllt, dann wurde der Inhalt der Flasche durch einen mit CO_2 gefüllten Raum in eine zweite Flasche übergeführt, aus welchem die Speisung eines zweiten Doppelrohrs geschah. Ein Theil des Blutrestes, welcher schon einmal durch den CO_2-haltigen Raum gegangen, wurde durch einen zweiten mit CO_2 gefüllten Raum in ein drittes Röhrenpaar übergeführt. Darauf wurde der nach einmaliger Behandlung mit CO_2 übrig gebliebene Blutrest mit reiner CO_2 anhaltend geschüttelt und dann ein Theil dieses nahezu mit CO_2 gesättigten Blutes in ein viertes Röhrenpaar geführt. Alle diese Operationen wurden unter Ausschluss der atmosphärischen Luft ausgeführt und durch Schütteln der Flaschen dafür gesorgt, dass sich die Körperchen nicht senken konnten, also die Mischung von Körperchen und Serum gleichbleiben musste. Die analytischen Resultate waren folgende:

	Ursprüngliches Blut		Blut nach einmaliger CO_2-Behandlung		Blut nach zweimaliger CO_2-Behandlung		Blut fast mit CO_2 gesättigt	
		$\frac{u}{k}$		$\frac{u}{k}$		$\frac{u}{k}$		$\frac{u}{k}$
Blut	37,16	0,86	45,68	0,85	52,41	0,88	103,40	0,94
Serum	43,42		53,87		59,42		109,90	

Ueberblicken wir diese Reihe, so erkennen wir darin eine Bestätigung der mit dem Hundeblute gewonnenen Resultate. Den Quotient aus dem CO_2-Gehalt des Blutes in den des Serums sehen wir nach der ersten Behandlung des ursprünglichen Blutes mit CO_2 abnehmen, nach den spätern Behandlungen mit CO_2 dagegen mehr und mehr sich der Einheit nähern, so dass er schon nach der zweiten Behandlung mit CO_2 denjenigen aus dem ursprünglichen Blut und Serum übertrifft. Dieses beweist, dass die Körperchen von der dem Blute zugeführten CO_2 einen

Antheil aufzunehmen vermögen *). Bei näherer Betrachtung erweist sich sogar derselbe als ein bedeutender, denn es ist das Volum der CO_2, welches die Körperchen aufgenommen, mindestens gleich, wahrscheinlich aber grösser als die Einheit ihres Volums, ein Verhältniss, welches nur dadurch zu erklären ist, dass sie einen Stoff enthalten, der die CO_2 chemisch zu binden vermag.

Um diese für den Bau und die Zusammensetzung der Körperchen wichtige Thatsache in ihr wahres Licht zu setzen, will ich noch durch eine Ueberschlagsrechnung zeigen, dass die Körperchen vermöge ihres HO-Gehalts nicht im Stande sind, vermittelst einfacher Absorption die grossen Mengen von CO_2 zu bergen, welche sie bei vollkommener Sättigung des Bluts mit CO_2 wirklich aufgenommen hatten. Der vorstehende Absorptionsversuch geschah bei einem Drucke von 726 Mm. Hg und einer Temperatur von 18° C.

In dieser Temperatur ist der Absorptionscoefficient des HO für CO_2 nach *Bunsen* ein wenig geringer als 1,0; wir wollen ihn der Einheit gleichsetzen.

Berechnen wir die von 100 Thln. Blut und Serum bei jenem Versuche aufgenommenen CO_2-Volumina auf die Temperatur und den Druck, bei der die Absorption wirklich stattfand, so erhalten wir in 100 Thln. für das Serum 159 CO_2 und für das Gesammtblut 149 CO_2. Nun kann auf keinen Fall das hier in Betracht kommende Pferdeblut in der Volumeinheit weniger als 0,15 Körperchen enthalten haben, wie aus dem Quotienten des Kohlensäuregehalts vom Serum in das Gesammtblut (Rubrik 2 des letzten Versuchs) hervorgeht; 0,15 Volum Körperchen reprä-

*) Die Thatsache, dass bei einem von relativ niedrigen zu immer höhern Werthen ansteigenden CO_2-Gehalte des Bluts die CO_2-Procente des Körperchens durch ein Minimum hindurchgehen, so dass man zwei Blutarten herstellen kann, deren Körperchen einen gleichen, deren Serum aber einen ungleichen Gehalt an CO_2 besitzen, eröffnet die Möglichkeit, die Volumprocente des Bluts an Körperchen und Serum zu bestimmen und damit auch einen absoluten Gehalt beider Blutbestandtheile an CO_2 zu ermitteln. Natürlich würde ein solcher Versuch, den ich bis dahin anzustellen unterlassen habe, nur an Pferdeblut möglich sein. Ich habe mich um so weniger bewogen gefunden, nach dieser Richtung hin meine Versuche auszudehnen, als sich bei der Schwierigkeit derselben leicht einsehen lässt, dass sie zu keiner allgemein anwendbaren Bestimmung des CO_2-Gehalts in der Einheit des Körperchenvolums führen wird.

sentiren aber 0,17 Gewichtstheile, welche nach *Hoppe's* bekannter Analyse des Pferdebluts 0,10 HO enthalten hätten. Die nach dieser Voraussetzung der Volumeinheit Blut zukommenden 0,83 Serum enthielten (ihrem CO_2-Procent von 159 gemäss) 1,33 CO_2; für die Körperchen würden also übrig bleiben 0,16 CO_2, d. h.: es würde der Absorptionscoëfficient ihres Wassers statt 1,0 = 1,6 gewesen sein. Nehmen wir aber statt des obengenannten Körperchenantheils im Blute den an, welchen *Hoppe* für das Pferdeblut gefunden, wonach 1,00 Blut 0,33 Gewichtstheile Körperchen mit 0,19 HO enthalten, so berechnen sich von der CO_2 in der Volumeinheit Gesammtblutes 0,43 auf die Körperchen, also wäre der Absorptionscoëfficient ihres Wassers = 2,3 gewesen, was vollends unmöglich ist.

Die zwei folgenden Versuche dienen zur Bestätigung der zuletzt besprochenen, den Uebertritt von Kohlensäure in die Blutkörperchen betreffenden Beobachtungen. Sie wurden an arteriellem Pferdeblute, welches durch eine Kältemischung am Gerinnen behindert war, angestellt und beweisen also zugleich, dass es für diesen Uebertritt gleichgültig ist, ob das Blut die Kohlensäure im ungeronnenen oder, wie im letzten Versuche, im defibrinirten Zustande aufnimmt.

Das Blut wurde aus einem gleichfalls in einer Kältemischung stehenden Behälter durch Quecksilberdruck in unser früher beschriebenes Röhrensystem getrieben, so dass auch hier der eine Stromesarm vor seiner nochmaligen Theilung einen mit reiner Kohlensäure gefüllten Raum passiren musste. Die gewonnenen Zahlen sind folgende:

	Ursprünglicher Kohlensäuregehalt	$\frac{u}{k}$	Nach Behandlung mit Kohlensäure	$\frac{u}{k}$
I.	Blut = 25,75 Serum = 29,73	0,87	Blut = 29,66 Serum = 31,56	0,91
II.	Blut = 33,18 Serum = 39,12	0,85	Blut = 43,78 Serum = 46,59	0,94

Ich brauche wohl kaum darauf hinzuweisen, dass der hohe Werth der Quotienten $\frac{u}{k}$ uns bereits für das normale Blut einen Kohlensäuregehalt seiner Körperchen beweist, und dass aus der Steigerung dieses Werthes in der zweiten Rubrik hervorgeht,

dass ein Uebergang der von aussen zugeführten Kohlensäure in die Körperchen stattgefunden haben muss.

Nach Mittheilung dieser Erfahrungen kehre ich, bevor ich weiter vorschreite, noch einmal auf die S. 42 abgebrochene Betrachtung zurück. Dort wurde gefragt, ob man annehmen dürfe, dass die Körperchen CO_2-haltig oder CO_2-frei seien, wenn der Quotient aus dem CO_2-Gehalt des Gesammtblutes in den seines Serums sich zwischen 0,78 und 0,81 bewegte. Die zur Entscheidung aufgerufene Methode lehrte zwar neue Eigenschaften des Körperchens kennen, aber sie trug zur Aufklärung des vorliegenden Zweifels nicht bei. Wir sind also zur Beseitigung desselben auf andere und zunächst auf Wahrscheinlichkeitsgründe angewiesen; diese vereinigen aber ihr Gewicht für die Unterstellung, dass die Körperchen auch bei den niedrigsten Werthen jenes Quotienten mit CO_2 versehen sind.

Machen wir z. B. die für den Mangel an CO_2 im Körperchen günstigste Annahme, dass das specifische Gewicht des Serums 1,025 das des Blutes 1,050 betragen habe, eine Annahme, die sich auf vielfache von mir ausgeführte Gewichtsbestimmungen am Blute und Serum des Hundes stützt, so würden sich aus den 78,0 bis 81,0 Volumprocenten Serums im Hundeblute 75,0 bis 78,0 Gewichtsprocente Serums in 100 Thln. Blut berechnen, beziehungsweise es würden 100 Thle. Blut 25—22 Gewichtstheile Körperchen enthalten. Nun haben aber *Preyer* und *Hoppe-Seyler* im Hundeblute 14 Procent Haemoglobin nachgewiesen. Enthielten demnach die Körperchen keinen andern festen Bestandtheil, so würden sie aus 63—56 festen Stoffen und 37—44 Wasser zusammengesetzt sein, Zahlen, die von vornherein den Stempel der Unwahrscheinlichkeit an sich tragen.

Nächstdem haben auch meine zuletzt erwähnten Versuche, in welchen zum Blute grosse CO_2-Mengen geführt werden, dargethan, dass die Körper einen Bestandtheil besitzen, der die CO_2 chemisch bindet. In Anbetracht dessen ist es also ebenfalls sehr wahrscheinlich, dass die Körperchen in den obengenannten Fällen einen CO_2-Antheil bei sich behalten haben. Die Thatsache, dass die Körperchen mit einem die CO_2 bindenden Stoffe begabt sind, führt zu der Folgerung, dass es auch Umstände geben müsse, unter denen der CO_2-Gehalt der Körperchen ganz unabhängig von dem des Serums wachsen könne. Wenn überhaupt, so dürfte man den Eintritt dieses Ereignisses wohl dann

am ersten erwarten, wenn innerhalb der Körperchen selbst CO_2 entstanden war. Da, wie bekannt, das arterielle Blut beim längern Verweilen in mittlerer Temperatur sich dunkel färbt, so war zu versuchen, ob nicht etwa dann unter Zuthun des Sauerstoffs, welcher in den Körperchen vorhanden war, sich CO_2 in ihnen selbst gebildet hatte.

Bei dem ersten in diesem Sinne anzustellenden Versuche wollte ich jedoch den Eintritt des eigentlichen Fäulnissprocesses möglichst verhüten. Zu dem Ende sammelte ich mir in den früher beschriebenen Röhren vier Blutportionen auf und hob diese mit Quecksilber abgeschlossen in Eiswasser auf. Aus der einen Doppelportion bestimmte ich, nachdem sich das Serum in einer derselben abgesetzt hatte, die Kohlensäure in Blut und Serum; die andere Doppelportion liess ich vier Tage in Eiswasser stehen und verfuhr damit auf dieselbe Weise. Dieses letztere Blut war hellroth geblieben und besass nicht die Spur eines faulen Geruchs. Auf 100 Volumtheile erhielt ich

	Nach 24 Stunden in Eis		Nach 96 Stunden in Eiswasser	
		$\frac{u}{k}$		$\frac{u}{k}$
Blut CO_2	33,88	0,80	35,78	0,85
Serum CO_2	42,33		42,29	

Dieser Versuch lehrt zunächst, dass auch bei längerem Aufenthalt in einer Temperatur von 0° die Umsetzung des Blutes vor sich geht.

Für meinen Zweck wichtiger ist die Erfahrung, dass, obwohl der CO_2-Gehalt des Blutes um 1,9 zugenommen, der des Serums ganz unverändert geblieben ist. Die gesammte neu gebildete CO_2 hat sich also in den Körperchen angesetzt.

Immerhin war aber die in den Körperchen entstandene CO_2 ihrer Grösse nach eine mässige. Dieses bestimmte mich, abermals Blut in zwei Doppelröhren aufzufangen und einen Theil nach Absetzung des Serums, also nach 24-stündigem Aufenthalt in Eiswasser, den andern nach 48-stündigem Stehen (über Quecksilber), bei 19—22° zu analysiren. Nach dieser Zeit zeigte das letztere Blut einen mässigen Fäulnissgeruch und eine dunkelrothe Farbe, die durch Schütteln mit Luft wieder

hell wurde; das Serum war schwach roth gefärbt. Die Analyse ergab für 100 Vol. Flüssigkeit

		Nach 24-stündigem Stehen in Eis		Nach 48-stündigem Stehen bei 19—22° C.	
Blut	CO_2	32,23		53,53	
	O	11,89		0,00	
	N	1,15		1,40	
Serum	CO_2	37,02	$\frac{u}{k}$ für CO_2	37,54	$\frac{u}{k}$ für CO_2
	O	0,00	87,06	0,00	142,59
	N	1,30		1,20	

Das Gesammtblut hatte seinen CO_2-Gehalt um 21,30 Proc. vermehrt, während der des Serums nur um 0,52 gewachsen war. Und auch diese geringe Menge könnte möglicherweise der Verunreinigung des Serums zugeschrieben werden, welche sich durch die Röthung desselben kennzeichnete; sehr wenig der stark mit CO_2 durchsetzten Körperchen, welches in das Serum übergetreten, dürfte hingereicht haben, um den CO_2-Gehalt des Serums in so schwachem Maasse anwachsen zu lassen.

In dieser Beobachtung hatte sich also in den Körperchen unabhängig vom Serum der CO_2-Gehalt um mindestens 20 Volumprocente des Gesammtblutes (bei 0° M. 1 M. Druck), also mindestens um 60 Volumprocente der Körperchen vermehrt, und damit war ganz unzweifelhaft der Beweis geliefert, dass diese Körperchen einen in der Blutflüssigkeit unlöslichen oder mindestens in sie nicht diffundirenden Stoff enthalten, welcher CO_2 zu binden vermag.

Da jedoch das Blut unzweifelhafte, wenn auch schwache Zeichen der Zersetzung darbot, so kann es mit Recht für fraglich gelten, ob das an ihm gewonnene Resultat von physiologischem Werthe sei. Immerhin wäre es möglich, dass gleichzeitig mit der Neubildung von CO_2 auch die eines basischen Körpers in den Blutkörperchen vor sich gegangen sei. Diesem Zweifel tritt nun freilich die Thatsache gegenüber, dass auch, der frühern Analyse gemäss, in einem Blute, das gar keine Anzeichen eines abnormen Verhaltens darbot, eine auf die Körperchen beschränkt gebliebene CO_2-Bildung eingetreten war. Man konnte demnach

die in der letzten Beobachtung aufgetretene nur als eine starke Ausprägung eines normalen Vorgangs ansehen.

Die Resultate der letzten Beobachtung sind auch für die Entstehungsart der CO_2 beziehungsweise für den Umsetzungsprocess in den Körperchen bemerkenswerth. Nach 48 Stunden hatte das in der mittlern Temperatur sich selbst überlassene Blut 11,89 Proc. O eingebüsst und dafür 21,30 Proc. CO_2 gewonnen. Es hatten sich also 9,41 CO_2 mehr gebildet, als mit Hülfe des lose gebundenen Sauerstoffs entstehen konnte. Offenbar war also auf Kosten des in den festen Stoffen des Körperchens enthaltenen Sauerstoffs die CO_2-Bildung vor sich gegangen. Da ich für diese Art der CO_2-Bildung auch schon in einigen andern, weiterhin mitzutheilenden Beobachtungen Andeutungen gefunden hatte, so hielt ich es für der Mühe werth, gasfreies Blut drei Tage bei sommerlicher Temperatur unter Quecksilber aufzubewahren und nun von Neuem auf seinen CO_2-Gehalt zu prüfen. Als Gegenversuch stellte ich auch das ursprüngliche, gashaltige Blut unter denselben Umständen hin.

Die erste der nachstehenden Zahlenreihen giebt den Gasgehalt des angewendeten Blutes unmittelbar nach seinem Auffangen, die zweite den des entgasten, nachdem es drei Tage gestanden, die dritte endlich den Gasgehalt des ursprünglichen Blutes, nachdem es so lange wie das vorhergehende aufbewahrt wird.

	I.	II.	III.
CO_2	27,14	5,81	46,30
O	13,62	—	0,00
N	0,74	—	3,24.

In dem entgasten von dem locker gebundenen Sauerstoff vollkommen befreiten Blute hatte sich also noch CO_2 entwickelt, die demnach, ähnlich, wie es bei Gährungen geschieht, unter Beihülfe des fester gebundenen Sauerstoffs entstanden sein musste.

Aus einer Vergleichung der Umsetzung, die in dem gasfreien und derjenigen, die in dem mit seinen ursprünglichen Gasen versehenen Blute vor sich gegangen war, erkennt man, dass die ohne Vermittelung des locker gebundenen O auftretende CO_2-Bildung der ersteren Blutart mindestens so mächtig, wenn nicht mächtiger war, als in der zweiten. Dieses erkennt man dadurch, dass man den O- und CO_2-Gehalt der Reihe I, also

40,76 von dem CO_2-Gehalte der III. Reihe = 46,30 abzieht; der Rest 5,54 ist also sehr annähernd dem in II. gefundenen Werthe.

Da bei der Auspumpung des ersten Bluts zur Austreibung der letzten CO_2-Antheile keine Oxalsäure zugesetzt werden durfte, so wird schon vor der CO_2-Neubildung in II. etwas CO_2 anwesend gewesen sein; nach vielfältigen ähnlichen Erfahrungen kann dieselbe höchstens 1,5 Proc. betragen haben, also ist diese Menge, selbst wenn sie anwesend wäre, nicht vermögend, die obengezogene Schlussfolgerung zu beeinträchtigen. Auf die Verhältnisse der Ergebnisse von II. und III. ist ihre Anwesenheit ohne allen Einfluss, da sie bei beiden von der vorhandenen CO_2 in Abzug kommt.

Ich schliesse hieran noch ein Paar Versuche, welche beweisen, dass auch in ganz frischem Blute der Gasgehalt desselben eine Umsetzung erleidet, und dass dabei in ganz ähnlicher Weise, wie wir es bei lange gestandenem Blute beobachtet, die neugebildete Kohlensäure, wenn auch nicht immer, einen Ueberschuss gegenüber dem verbrauchten Sauerstoff zeigt.

Hundeblut wurde unmittelbar nach dem Defibriniren in mehreren Recipienten, wie solche zum Entgasen an der Quecksilberpumpe angebracht zu werden pflegen, vertheilt und dann die eine Portion sogleich evacuirt, die andere erst, nachdem sie 2—4 Stunden in einem Wasserbehälter bei 37—40° gestanden hatte. In Procenten des Bluts erhielt ich folgende Zahlen:

		Unmittelbar nach dem Auffangen	Nach $3\frac{1}{2}$stündigem Aufenthalt bei 37—40° C.	
I.	CO_2	16,07	16,90	
	O	14,84	13,13	
	N	1,14	1,05	
			verschwund. 1,71 O	
			gewonnen 0,83 CO_2	
		Unmittelbar nach dem Auffangen	**Nach 2stündigem Aufenthalt bei 37—40° C.**	**Nach 4stündigem Aufenthalt bei 37—40° C.**
II.	CO_2	18,82	21,01	21,83
	O	15,28	14,92	14,57
	N	1,04	1,47	1,16
			verschwund. 0,36 O	verschwund. 0,71 O
			gewonnen 2,19 CO_2	gewonnen 3,01 CO_2

Endlich mag hier noch eine Analyse der Gase des Erstickungsblutes und seines Serums Platz finden.

Da die von Aussen zugeführte CO_2, wenn ihr Volum ein bestimmtes Maass nicht überschreitet, sich vorzugsweise im Serum aufhäuft, während die im Blute selbst gebildete in den Körperchen zurückgehalten wird, so hielt ich es für möglich, hierdurch einen Aufschluss zu gewinnen, ob das Mehr von CO_2, welches das Erstickungsblut gegenüber dem arteriellen enthält, innerhalb des Bluts gebildet oder von Aussen zugeführt sei. Ich fing deshalb zwei gleichartige Portionen Blut eines erstickten Hundes auf, von denen ich das defibrinirte Blut sogleich untersuchte, während ich das andere zur Gewinnung des Serums hinstellte. Aus 100 Thln. Blut erhielt ich an CO_2 42,20, aus 100 Thln. Serum an CO_2 49,04. Der Quotient der beiden CO_2-Gehalte ist 0,86; da diese Zahl zwischen den Extremen eingeschlossen ist, welche das arterielle Blut in den oben mitgetheilten Versuchen lieferte, so beweist sie wenigstens so viel, dass bei der Erstickung eine einseitige Vermehrung weder der Kohlensäure im Serum, noch auch derjenigen in den Blutkörperchen stattfindet, sondern dass sie an beiden Orten gleichmässig anwächst.

Ueberblicken wir noch einmal den Inhalt der vorliegenden Abhandlung, so finden wir ihn kurz darin, dass

1) die Körperchen des normalen arteriellen Bluts immer CO_2 enthalten. Die Menge derselben ist jedoch sehr veränderlich; bald steigt sie nahe zu dem Werthe der Serum-CO_2, häufiger aber beträgt sie nur wenige Procente vom Volum der Körperchen.

2) Die Kohlensäuremenge, welche die Körperchen enthalten, wird, wenn dieses Gas von Aussen her in das Blut eintritt, immer verändert, und zwar entweder vermindert oder vermehrt.

Wenn in den von mir untersuchten Blutarten die CO_2 des Gesammtblutes 40 Proc. nicht überstieg, so wurde durch die von Aussen eingeleitete CO_2 im Hundeblute der Gehalt der Körperchen an diesem Gase herabgemindert. Dieses geschah jedoch nur insoweit und insolange, bis sich der Quotient aus den CO_2-Gehalten des Serums und des Gesammtbluts bis auf 0,77 bis 0,87 herabgemindert hatte.

Dies Ereigniss ist allerdings vorerst unerklärlich, aber wenn, wie kaum zu bezweifeln, dasselbe auch für das kreisende Blut gilt, so muss es von wesentlichem Belang für die CO_2-Aus-

scheidung in den Lungen sein. Bestünde kein ähnlicher Vorgang im Leben, so musste sich die CO_2 in den Körperchen, namentlich die, welche sich bei ihrem Stoffwechsel in ihnen selbst gebildet hat, beträchtlich anhäufen.

Wenn dagegen dem Blute über die bezeichnete Grenze von Aussen her noch mehr CO_2 zugeführt wird, so wächst nun auch der Gehalt der Körperchen an CO_2, und zwar so weit, dass, wenn das Blut mit jenem Gas gesättigt ist, ihr procentischer CO_2-Gehalt dem des Serums nahezu gleichkommt. Weil aber bekanntlich die Volumeinheit des Serums mehr CO_2 aufnimmt, als dieses auf dem Wege der Absorption geschehen könnte, und zwar darum, weil es nachweislich Stoffe enthält, welche CO_2 binden, so muss man auch in den Blutkörperchen Stoffe der letztern Art voraussetzen.

3) Die CO_2, welche sich innerhalb des Bluts unter Verwendung des in den Körperchen vorhandenen Sauerstoffs bildet, häuft sich in den letztern an, ohne in das Serum überzutreten. Daraus darf man mit Wahrscheinlichkeit schliessen, dass die CO_2 sich in diesem Falle in den Körperchen gebildet habe. Mit Sicherheit folgt daraus eine Bestätigung des vorhergehenden Satzes, dass innerhalb der Körperchen die CO_2 an einen Stoff gebunden sei, der nicht in das Serum diffundiren kann.

4) Dieser Stoff vermag jedoch die CO_2 nur so lange festzuhalten, als der CO_2-Druck in der Umgebung nicht unter ein gewisses Maass herabsinkt.

Nachtrag.

Während des Druckes dieser Arbeit habe ich mit Rücksicht auf den Respirationsvorgang noch ein Paar Versuche angestellt, um zu erfahren, ob die Kohlensäure aus den Blutkörperchen durch Sauerstoff verdrängt werden kann. Zu dem Ende wurde defibrinirtes Pferdeblut in zwei Portionen getheilt und die eine sofort zur Gewinnung des Gesammtblutes und des Serums in unser Röhrenpaar vertheilt, die andere erst, nachdem sie über Quecksilber so lange mit Sauerstoff geschüttelt worden, bis Nichts mehr absorbirt wurde; das Blut war übrigens von vorn-

herein so reich an Sauerstoff, dass nur wenig aufgenommen wurde. Es blieben einige Cm. Sauerstoff zurück, in welche Kohlensäure diffundiren musste. Die Analyse ergab folgende Resultate:

Ursprüngliches Blut			Nach Schütteln mit O		
Blut	20,88	$\frac{u}{k}$	Blut	20,28	$\frac{u}{k}$
Serum	23,11	0,90	Serum	22,70	0,89.

Der Quotient aus dem Kohlensäuregehalt des Gesammtblutes durch den des Serums erscheint zwar nach dem Schütteln mit Sauerstoff kleiner als vorher, aber nur um 0,01 Vol. Der immer noch hohe Werth desselben beweist, dass die Blutkörperchen trotz der Sättigung mit Sauerstoff eine beträchtliche Menge Kohlensäure zurückbehalten haben. Nun hat zwar das Blut durch Diffusion Kohlensäure verloren, ein Verlust, der nur dem Serum angerechnet werden kann; allein derselbe ist so gering (0,60 Volumproc.), dass der dadurch bedingte Fehler nicht ins Gewicht fällt, wie folgende Ueberschlagungsrechnung zeigt.

Nehmen wir an, das Blut habe nur $^2/_3$ seines Volums Serum enthalten, so hätte das letztere 0,90 Volumprocente Kohlensäure durch Diffusion eingebüsst; diese mit in Rechnung gebracht, betrüge der Kohlensäuregehalt des Blutes 20,88 Proc., der des Serums 23,60 Proc., und der Quotient aus dem erstern durch den letztern wäre = 0,88.

Bei einer Wiederholung dieses Versuches modificirte ich das Verfahren insoweit, als ich durch die eine Blutportion $1\frac{1}{2}$ Stunde lang Sauerstoff in mässig starkem Serum hindurchleitete. Ich erhielt:

Ursprüngliches Blut			Nach Durchleiten von O		
Blut	29,98	$\frac{u}{k}$	Blut	28,19	$\frac{u}{k}$
Serum	32,58	0,92	Serum	31,37	0,89.

Wiederum zeigt sich, dass das Gesammtblut mehr Kohlensäure verloren hat als das Serum; es hat also auch hier ein Uebertritt dieses Gases aus den Blutkörperchen in das Serum stattgefunden, was auch aus dem niedrigern Werthe des Quotienten $\frac{u}{k}$ in der zweiten Rubrik folgt. Auch hier muss wegen des Kohlensäureverlustes, den das Serum erlitten, der Werth

0,89 für zu hoch gelten; bringt man jedoch dieselbe Correction an, wie im letzten Versuche, so wird er nur auf 0,85 herabgedrückt.

Ich brauche kaum darauf hinzuweisen, dass der durch den Austritt von Kohlensäure aus dem Serum bedingte Fehler noch kleiner ausfällt, als er hier berechnet worden, wenn der Serumgehalt des Bluts grösser als ²/₃ war.

Es geht aus diesen beiden Versuchen hervor, dass der Kohlensäuregehalt der Blutkörperchen durch Sauerstoffzufuhr vermindert werden kann, jedoch nur bis zu einer gewissen Grenze; man kann die Körperchen vollkommen mit Sauerstoff sättigen, ohne dass sie dadurch kohlensäurefrei gemacht würden.

Offenbar konnten unter der Voraussetzung, dass die Blutkörperchen keine CO_2 enthalten, meine bisherigen Untersuchungen dazu verwerthet werden, das Volumverhältniss von Körperchen und Serum im Blute zu bestimmen. Der zu dieser Bestimmung dienende Quotient aus dem Kohlensäuregehalt des Gesammtbluts durch den des Serums schwankte aber innerhalb so weiter Grenzen und fiel zugleich so hoch aus, dass daraus unmittelbar die Unrichtigkeit der obigen Voraussetzung, wenigstens für die Mehrzahl der Fälle, folgte. Es zeigte sich aber zugleich, dass dieser Quotient unter Umständen einen untern Grenzwerth erreicht, über welchen hinaus er nicht mehr verkleinert werden kann. Dieser untere Grenzwerth, der sich beim Hundeblute zwischen 0,77 und 0,81, beim Pferdeblute zwischen 0,84 und 0,85 bewegt, giebt uns aber immer noch den Serumantheil im Blute so gross an, dass die Grundlagen unserer Rechnung auch hier noch sehr zweifelhaft erscheinen; mehr Wahrscheinlichkeit hatte jedenfalls die Annahme für sich, dass die Blutkörperchen auch in diesen Fällen einen gewissen inniger gebundenen Kohlensäureantheil zurückbehalten haben. Zufällig habe ich jedoch an durch Kälte flüssig erhaltenem Pferdeblute eine Beobachtung gemacht, die dadurch merkwürdig ist, dass sie unserem durch Rechnung für das Serumvolum gefundenen untern Grenzwerth vollkommen entspricht. Nach Verlauf von 6 Stunden betrug nämlich die durch nachträgliches Kalibriren genau gemessene Körperchenschicht nur 18 Volumprocente des Bluts. Berücksichtigt man, dass zwischen den Körperchen im-

mer noch etwas Plasma enthalten sein musste, so würde aus dieser Beobachtung folgen, dass die von uns aus den Kohlensäurebestimmungen für den Körperchengehalt des Pferdeblutes berechnete Zahl 0,15 der Wahrheit sehr nahe käme. Dieser Fall ist nun zwar vereinzelt geblieben, insofern in zwei spätern Versuchen die gesenkten Blutkörperchen nur um ein Geringes weniger als die Hälfte des Blutvolums betrugen; doch halte ich ihn für erwähnenswerth, weil sich daraus ergiebt, innerhalb wie weiter Grenzen der Körperchengehalt des Blutes schwanken kann. Das Pferd war zwar anscheinend gesund, für eine Erkrankung des Bluts sprach jedoch dessen erheblich verminderte Krystallisationsfähigkeit.

Der respiratorische Gasaustausch bei grossen Temperaturänderungen.

Von

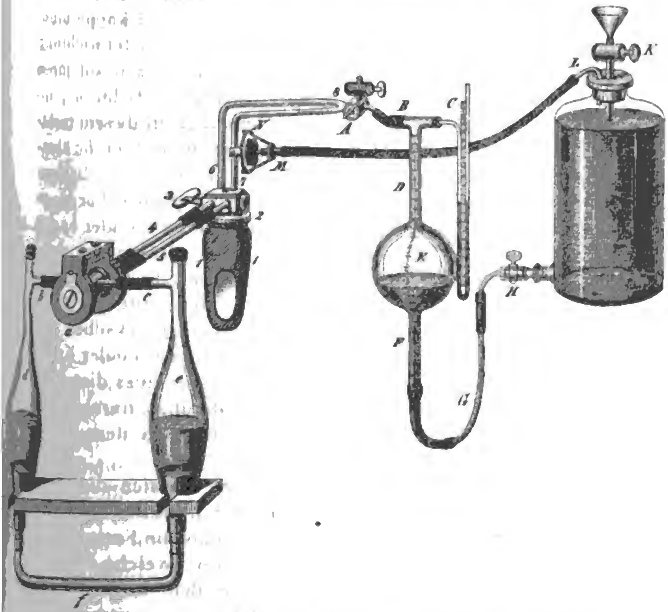
Dr. H. Sanders-Ezn.

(Mit einem Holzschnitt und einer Tafel.)

Schon zweimal wurde im Laboratorium des Prof. *Ludwig* der Versuch gemacht, den zeitlichen Verlauf der Lungenathmung genauer, als bisher geschehen, aufzufassen. Das erste von *Szcelkow* beschriebene Verfahren war genau, aber umständlich; das andere von *Kowalewsky* veröffentlichte war zwar sehr einfach zu handhaben, aber es liess die berechtigte Einwendung zu, dass es den Gang der Gasausscheidung durch Hemmung der Athembewegungen störe. — Ganz neuerlich ist nun dieser letztere Apparat so abgeändert worden, dass derselbe von dem obengenannten Fehler befreit und ausserdem befähigt ist, an das unverletzte Thier angesetzt zu werden, so dass eine beliebige Zahl von Versuchen mit demselben Individuum vorgenommen werden kann. Nach einer entsprechenden Vergrösserung seiner Dimensionen liesse er sich auch bequem zu Versuchen am Menschen verwenden. In jener neuen Gestalt besteht der Apparat aus einer Schnauzenkappe, durch welche das Thier mit dem Athmungsapparat verbunden wird, den Absorptionskugeln für CO_2, und der Einrichtung für den Ersatz des verbrauchten Sauerstoffs. Mit diesem Apparate habe ich unter Mitwirkung von Prof. *C. Ludwig* einige Versuche angestellt.

Um die Uebersicht über die getroffenen Einrichtungen zu erleichtern, werde ich dieselben zunächst mit Hülfe des umstehenden Schemas erläutern.

Um die einzelnen vorhin erwähnten Abtheilungen sogleich kenntlich zu machen, ist in dem beistehenden Holzschnitt die



Abtheilung für den Ersatz des Sauerstoffs mit grossen Lettern, das Verbindungsstück zwischen dem Thier und dem Athmungsraume mit Zahlen, und die Abtheilung für die Absorption der CO_2 mit kleinen Lettern bezeichnet.

Das Verbindungsstück besteht aus einer Schnauzenkappe (1) von Kautschuk, die an eine Messingscheibe (2) luftdicht angepasst ist. Diese Scheibe trägt auf der Seite, welche von der Schnauzenkappe abgewendet ist, einen Hahn von Messing (3), dessen mehrfache Durchbohrungen so eingerichtet sind, dass der hohle Raum der Kappe nach Belieben bald mit dem Athmungsraume und bald mit der atmosphärischen Luft in Verbindung gesetzt werden kann. Von der Schnauzenkappe, beziehungsweise von ihrer Deckplatte entspringen vier Röhren.

Zwei derselben (4. 5) gehen aus dem Hahn (3) in der Richtung gegen die Absorptionskugeln hervor. Innerhalb des Hahns läuft die Lichtung der einen Röhre (4) unter einem rechten Winkel nach unten, so dass sie frei in den Hohlraum der Kappe mündet; die andere (5) liegt dagegen in entgegengesetzter Richtung, also nach oben. Beide Röhren (4. 5) durchsetzen auf ihrem Wege nach den Absorptionskugeln zunächst den Hahn (*a*), indem sie getrennt durch seinen Kern verlaufen, in diesem rechtwinkelig umbiegen und nun jederseits in die Röhren *bc* übergehen, welche aus der Hülse des Hahns entspringen. Da diese Hülse um ihren auf zwei Lagern ruhenden Kern drehbar ist, so können um die Mündungen von 4 und 5 die Ausläufer *bc* des Kugelapparats *def* bewegt werden. Der Hohlraum der ebengenannten Abtheilung ist mit Luft, Barytlösung und Quecksilber und zwar in der Art ausgefüllt, dass etwa die Hälfte des Inhalts von Luft und der Rest von Barytlösung und Quecksilber ausgefüllt wird. Hierdurch sind also die Lufträume beider Kugeln von einander abgeschlossen. Bei der Drehung muss dieser Abschluss immer gewahrt bleiben, eine Forderung, durch welche die Grenze der Excursionen für die Drehung in dem Hahn *a* bestimmt wird.

Von der Schnauzenkappe aus erstrecken sich die beiden andern (6. 7) der dort abgehenden Röhren nach der Sauerstoffkugel hin. Die beiden Röhren (6. 7) sind als die Fortsetzungen von 4. 5 anzusehen, und zwar so, dass 6, welche die Fortsetzung von 4 bildet, unmittelbar aus dem Luftraume der Kappe hervorgeht, ohne mit dem Hahn 3 in weitere Berührung zu kommen. Die Röhre 7 dagegen, welche 5 fortsetzt, kommt aus dem Hahne hervor und setzt sich unmittelbar vor das Ende von 5; ihre Lichtung steht also in keiner unmittelbaren Verbindung mit dem Hohlraum der Kappe. — Die beiden Röhren 6. 7 laufen auf ihrem weitern Wege parallel und vereinigen sich bei 8 zu einer gemeinsamen Röhre, welche die Ausflussmündung der Sauerstoffkugel aufnimmt.

Der Sinn der bisher beschriebenen Einrichtung ist leicht zu verstehen. Denken wir uns die freie Mündung der Schnauzenkappe verschlossen, und erinnern wir uns, dass die Kugeln (*de*) um eine Axe drehbar sind, welche senkrecht auf der Ebene steht, in welcher die Röhren liegen, welche von den Kugelgefässen abgehen. Wird die Drehung ausgeführt, wobei die

eine der beiden Kugeln empor- und die andere absteigt, so wird das Quecksilber aus der höher gestellten in die tiefere Kugel hinübertreten, und dem entsprechend wird ein Luftstrom durch die Kappe bis zum Ort des Sauerstoffeintritts (8) und von da durch das zweite Röhrenpaar (7. 5) bis in die andere Kugel dringen. Durch wechselndes Senken und Heben der Kugeln wird man also in jeder der beiden Röhren bald einen Strom vom CO_2-Absorbenten aus zum Ort des Sauerstoffeintritts bald auch in entgegengesetzter Richtung hervorrufen können. Dadurch wird die Luft in der Kappe fortwährend erneuert.

Indem ich es der später folgenden genauern Beschreibung des Apparats überlasse, anzugeben, wie die eben erwähnte Drehung der Kugeln auszuführen sei, bemerke ich hier nur noch, dass durch die beschriebene Ventilation rasch jeder CO_2-Gehalt der bewegten Luft durch den Absorbenten entfernt werden muss.

Der Theil des Apparats, welcher zum Ersatz des Sauerstoffs dient, besteht zunächst aus einer Kugel *E*, die je nach oben und unten eine Röhre entlässt. Die Röhre *D*, welche nach oben geht, trägt an ihrem Ende ein T-förmiges Stück, dessen eine Mündung *C* durch ein kleines Manometer verschlossen ist, während die andere *B* mittelst eines eingesetzten Hahnes *A* in die gabelförmige Vereinigung der beiden früher beschriebenen Röhren bei 8 übergeht.

Die Mündung der untern Röhre *F*, welche aus der Sauerstoffkugel hervorgeht, steht durch ein gebogenes Rohr *G* mit einer Wasserflasche (J) in Verbindung. Diese Flasche trägt folgende Einrichtungen. Der Kautschukkork auf seiner obern Mündung ist doppelt durchbohrt; in der einen Oeffnung sitzt ein Trichter mit einem Hahn *k*, durch ihn kann die Flasche mit Wasser gefüllt werden. In der zweiten Oeffnung des Korks steckt ein rechtwinkelig gebogenes Glasrohr *L*; von dem freien Ende desselben geht ein längerer Kautschukschlauch (*L M*) aus, der an seinem andern Ende über ein kurzes Glasröhrchen gesteckt ist, das in einem Bügel vor einer Kautschukplatte befestigt steht (*N*). Diese Kautschukplatte ist über den Rand eines sehr niedrigen Hohlgefässes von Messing gespannt, und das Röhrchen ist derart gegen die Platte eingestellt, dass seine Mündung verschlossen ist, wenn die Platte in einer Ebene mit dem Messingrande liegt, dass dagegen die Mündung der Röhre geöffnet ist,

wenn die Platte eine auch nur schwache Einbiegung gegen den Hohlraum des Messinggefässes besitzt.

Wir kehren nun zur Flasche zurück. Ueber ihrem Boden ist ein Tubulus *H* eingeschmolzen, der einen Glashahn trägt; jenseits dieses letztern ist eine Kautschukröhre aufgesteckt, welche mit ihm die freie Mündung des gebogenen Rohres *G* verbindet, das von der Sauerstoffkugel nach unten ausgeht.

Dieser Einrichtung der Flasche entsprechend kann, vorausgesetzt, dass der Hahn des Trichters (*K*) geschlossen ist, nur dann Wasser aus ihr in die Sauerstoffkugel übertreten, wenn die Mündung des kleinen Röhrchens, die sich an die Kautschukplatte legt, offen steht. Und der begonnene Ausfluss wird augenblicklich unterbrochen, wenn jene Mündung durch die Kautschukplatte wieder abgeschlossen wird.

In demselben Maasse, in welchem das Wasser zufliesst, wird aber auch der Sauerstoff aus der Kugel in den Athmungsraum eintreten. Sowie man demnach den Verschluss der Röhrenmündung bei *M* von dem Druck in dem Athmungsraum abhängig macht, wird auch von diesem der Zufluss des Sauerstoffs geregelt werden. Um diese Abhängigkeit zu bewerkstelligen, genügt es, den Hohlraum des ringförmigen Messinggefässes durch eine Oeffnung mit dem Athmungsraume selbst in der Weise in Verbindung zu setzen, wie es in der Figur zu sehen. Während der Athmung spielt nun der Apparat, der den Sauerstoffzufluss regelt, folgendermassen. Wenn in Folge der Absorption von Sauerstoff durch das Thier und in Folge der CO_2-Bindung durch den Baryt der Luftdruck im Athmungsraume vermindert ist, so wird die Kautschukplatte eingezogen, und es fliesst Wasser aus der Flasche in die Sauerstoffkugel und danach so lange Sauerstoff in den Athmungsraum, bis der Druck dort so hoch gestiegen, dass die Platte die Mündung des Glasrohres wieder verschliesst.

Da das Thier während der Beobachtungszeit seine CO_2 sämmtlich an den Baryt abgiebt, und da es seinen Sauerstoff nur aus dem Apparate bezieht; da ferner der Athmungsraum von unveränderlicher Grösse ist, da man den Druck und die Temperatur und auch die procentische Zusammensetzung der Luft in ihm vor und nach den Versuchen bestimmen kann, so hat man von chemischer Seite alle Mittel in der Hand, um die während einer bekannten Versuchszeit aufgenommenen und abgegebenen Gase zu messen.

Die genaue Beschreibung des Apparats, seine Vorrichtung zum Gebrauch, den Gang des Versuchs und die Fehler des Verfahrens werde ich erörtern, nachdem ich vorerst meine damit vorgenommenen Versuche geschildert habe.

Ergebnisse der Versuche. Das beschriebene Verfahren war aus dem Bedürfniss hervorgegangen, die physiologischen Aenderungen des Gasaustausches in seiner Abhängigkeit von den Schwankungen der innern Zustände der Thiere aufzufassen. Hierzu ist es jedoch nur insofern geeignet, als es die zeitlichen Aenderungen des Gasstromes, der durch die Lunge geht, genauer zu ermitteln vermag. Da aber die respiratorische Luftbewegung in den Lungen aus zahlreichen räumlich und functionell getrennten Quellen schöpft, so genügen für die Erkenntniss der letzten Vorgänge, durch welche die Schwankungen des Gasstromes bedingt sind, die Angaben unseres Apparats noch keineswegs. Seine Angaben gewinnen erst dann eine volle Bedeutung, wenn man entweder im Stande ist, während der Messung des Athmungsstromes entweder einzelne Organe oder Organengruppen von der Betheiligung am Gasaustausch auszuschliessen oder über alle andern so mächtig hervorzuheben, dass gegen ihre Thätigkeit die aller übrigen Organe zurücktritt. Oder statt dessen kann man auch alle Organe des Thieres gleichmässig ändern, und zwar in einem so raschen Wechsel, dass man voraussetzen darf, es sei dabei die chemische Anordnung der Organe wesentlich dieselbe geblieben. Diesen zuletzt genannten Weg habe ich bei der zu beschreibenden Versuchsreihe gewählt, indem ich die Thiere in raschem Wechsel bald auf eine höhere, bald auf eine niedere Temperatur brachte.

Die Aenderungen der Temperatur erzeugte ich einfach dadurch, dass ich das Thier in der Rückenlage mit ausgestreckten Beinen in einem Zinkkasten mit doppelten Wänden befestigte und auf denselben einen mit doppelten Wandungen versehenen Zinkdeckel aufsetzte. Der innere Hohlraum des Kastens war so bemessen, dass sich die Zinkwand möglichst eng an das eingeschlossene Thier anpasste, namentlich besass er zwei Aushöhlungen für die ausgestreckten Hinterbeine; der einzige Körpertheil, welcher aus dem Hohlraume des Kastens hervorragte, war der Kopf, da dieser mit der Schnauzenkappe in Verbindung gebracht werden musste.

Die beiden von den doppelten Wänden umschlossenen

Räume der obern und untern Kastenabtheilung waren durch Röhren mit einander in Verbindung gesetzt und ausserdem ging aus dem Boden und dem Deckel je eine Röhre ins Freie. Die eine von diesen wurde durch einen Kautschukschlauch mit einem grossen Gefäss verbunden, welches Wasser von einer bestimmten Temperatur enthielt, das andere mit einem Kautschukschlauche, welcher in ein auf dem Zimmerboden stehendes Gefäss ausmündete. Mittelst dieser Einrichtung konnte ein Strom beliebig warmen Wassers durch den Hohlraum, den die beiden Wände des Kastens umschlossen, geführt und hierdurch dem engen Luftraume, der das Kaninchen umgab, rasch eine bestimmte und gleichmässige Temperatur ertheilt werden. Diese Letztere war an dem Thermometer abzulesen, dessen Quecksilbergefäss durch den Deckel des Kastens hindurch unmittelbar über dem Fell des Kaninchens stand.

Nach den auf andern Gebieten gesammelten Erfahrungen durfte man erwarten, dass die Wärmeänderung zu verschiedenen Zeiten ungleiche Effecte hervorzurufen vermögend sei; insbesondere war es wahrscheinlich, dass in der Zeit, in welcher die Temperaturänderung innerhalb des Thieres eintrat, der Gasaustausch ein anderer wurde, als zu der Zeit, in welcher sich das Thier der bestehenden Temperatur accommodirt hatte.

Die Temperaturen, welche ich auf das Thier wirken liess, waren im Wesentlichen nur zwei, nämlich die obere und die untere Grenztemperatur, d. h. diejenigen, in welchen das Thier bei längerem Aufenthalt zu Grunde ging. Hierzu waren, wie der Versuch lehrte, Wärmegrade von 1° oder 44° im zufliessenden Wasser hinreichend. Es kann nicht auffallen, dass diese Temperaturgrade, welche von dem frei beweglichen Thiere ohne Schaden ertragen werden, in dem Kasten zum Tode desselben führten, da hier die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Temperatur zwischen der Umgebung und dem Thiere ausglich, vermöge der Anordnung des Versuchs eine viel grössere sein musste.

Die nachfolgende Tabelle giebt die an drei Kaninchen in sieben verschiedenen Versuchstagen erhaltenen Beobachtungszahlen.

Nr. u. Gewicht des Kaninchens	Dauer des Versuchs	Dauer der Pause	In der Minute: Zahl der Athemzüge	In der Minute: O in CbC bei 0° u. 1 M. Hg-Druck	In der Minute: CO_2 in CbC bei 0° u. 1 M. Hg-Druck	$\frac{CO_2}{O}$	Temperatur im Luftraume	Bemerkungen
A.								
1.	12′ 45″	—	62	23,91	17,46	0,73	9° C.	
1452 Gr. 26. März	—	14′ 45″	—	—	—	—	—	
I. 2.	11′ 34″	—	64	26,56	19,79	0,75	9° C.	
	—	39′ 26″	—	—	—	—	—	
3.	20′ 12″	—	40	15,44	11,47	0,74	37,5° C.	
	—	9′	—	—	—	—	—	
4.	20′ 15″	—	42	14,97	10,22	0,68	37,5° C.	
B.								
1.	19′ 1″	—	44	16,72	15,12	0,90	25,1° C.	
1707 Gr. 3. April	—	25′	—	—	—	—	—	
I. 2.	17′ 10″	—	48—62	17,59	13,88	0,79	38,5° C.	
	—	28′ 50″	—	—	—	—	—	
3.	16′ 15″	—	72—84	18,95	16,09	0,85	37—39° C.	
	—	12′ 45″	—	—	—	—	—	
4.	12′ 15″	—	84	26,46	20,48	0,77	38,5° C.	Starke Bewegungen.
	—	24′	—	—	—	—	—	
5.	9′ 35″	—	52—64	30,46	15,57	0,51	19,8° C.	

Nr. u. Gewicht des Kaninchens	Dauer des Versuchs	Dauer der Pause	In der Minute: Zahl der Athemzüge	In der Minute: O in CbC bei 0° u. 1 M. Hg-Druck	In der Minute: CO_2 in CbC bei 0° u. 1 M. Hg-Druck	$\frac{CO_2}{O}$	Temperatur im Luftraume	Bemerkungen
C.	—	20′	—	—	—	—	7,0° C.	
1.	11′	—	48—56	27,84	19,85	0,71	6,5—9,5° C.	
1590 Gr. 9. April	—	28′	—	—	—	—	—	
2.	11′ 15″	—	48—53	27,50	20,29	0,74	4,4° C.	
I.	—	34′ 35″	—	—	—	—	—	
3.	17′	—	50	17,84	13,06	0,73	3,4° C.	Nach dem letzten Versuche zeigte sich das Thier sehr hinfällig.
	—	28′	—	—	—	—	30° C.	
4.	12′ 40″	—	46	23,65	20,30	0,85	35—37° C.	
	—	14′ 20″	—	—	—	—	—	
5.	9′ 10″	—	40	25,62	13,55	0,53	38,2° C.	
D.	—	25′	—	—	—	—	40° C.	
1.	18′ 5″	—	64—84	16,14	11,96	0,74	40,0° C.	Nach Beendigung des letzten Versuchs todt in Wärmestarre, Temperatur im After 45°.
I. 1660 Gr.	—	26′ 45″	—	—	—	—	—	
15. April 2.	14′ 30″	—	86	20,53	15,51	0,75	40,4° C.	
	—	24′ 30″	—	—	—	—	—	
3.	14′	—	92—116	21,68	17,31	0,79	40,4° C.	
A.	—	20′	—	—	—	—	38° C.	
1.	22′ 25″	—	44	13,61	11,94	0,88	38° C.	
1640 Gr.	—	30′ 35″	—	—	—	—	—	
2.	23′ 30″	—	60—88	13,07	11,18	0,85	37,5—38,5°C.	
II. 25. April	—	37′ 30″	—	—	—	—	—	
3	17′ 48″	—	50	16,94	12,58	0,74	7,8° C.	Heftige Bewegungen.
	—	28′ 17″	—	—	—	—	—	

[illegible]	[illegible]	—	59	21,83	9,49	0,43	[illegible] 7,5° C.	Nach dem letzten Versuche tetanische Bewegungen; nach einem 32 Minut. langen Aufenthalt in der Zimmertemperatur konnte das Thier erst wieder seine gewöhnliche sitzende Stellung annehmen.
B.	—	21′	—	—	—	—	38,5° C.	
1.	25′	—	42	12,39	11,36	0,92	38,1° C.	
1480 Gr.	—	32′	—	—	—	—	—	
2.	24′ 10″	—	58,78	12,66	11,49	0,91	38,1° C.	
30. Sept.	—	34′ 50″	—	—	—	—	—	Hiervon 30′ bei 8° C.
II. 3.	16′ 40″	—	38	18,26	14,78	0,81	7,7° C.	
	—	34′ 20″	—	—	—	—	—	Heftige Bewegung.
4.	19′	—	40—60	16,07	15,27	0,95	6,4—8,2° C.	
	—	27′	—	—	—	—	—	
5.	9′ 15″	—	40—64	28,15	13,96	0,50	8° C.	Nach Beendigung des letzten Versuchs im After 20°, in d. Scheide 20,5. Tetanische Bewegungen. Nach 25 Minuten die Vorderbeine wieder hergestellt. Die Hinterbeine noch steif, die Hüfte am andern Tage noch gelähmt.
	—	20′	—	—	—	—	39,8° C.	
1.	28′	—	112—144	11,15	9,28	0,83	39,8° C.	
1390 Gr.	—	30′	—	—	—	—	—	
III. 2.	26′ 13″	—	66—98	12,02	9,76	0,81	40,3° C.	Bewegungen.
	—	20′ 47″	—	—	—	—	—	
3.	20′	—	64—96	15,44	12,82	0,83	40,4° C.	Schnarrender Athem.
	—	32′	—	—	—	—	—	
4.	20′	—	80—104	15,56	13,55	0,87	40,9° C.	Schnarr. Respiration, alsbald Tod. Temperatur im After 42,3°, keine Wärmestarre.

Aus dieser Gesammtübersicht wollen wir zuerst die Zahlen über CO_2 hervorheben. Auf den ersten Blick scheinen sie in keiner regelmässigen Beziehung zur Wärmeänderung zu stehen. Meine Zahlen würden sich also ähnlich verhalten, wie die meiner Vorgänger auf diesem Gebiete. *Spallanzani*, *Treviranus*, *Marchand* und *Moleschott* fanden, dass mit der steigenden Temperatur die Geschwindigkeit der CO_2-Ausscheidung wuchs; *Vierordt* und *Letellier* dagegen erhielten das entgegengesetzte Resultat. Dieser Widerspruch dürfte sich jedoch lösen, wenn man bedenkt, dass die erstern Beobachter Kaltblüter oder, besser gesagt, wechselwarme Thiere dem Versuche aussetzten, bei denen mit der steigenden Luftwärme auch die Temperatur ihres Leibes anwuchs. Die beiden zuletzt genannten Beobachter unterwarfen dagegen stetig warme Wesen der Beobachtung, und zwar unter Umständen, dass ihre Eigentemperatur sich unabhängig von ihrer Umgebung erhielt. Bei dieser letzten Lebenseigenschaft versteht es sich von selbst, dass mehr Wärme, also auch mehr CO_2 gebildet werden muss, wenn bei sinkender äussern die innere Temperatur auf ihrem unveränderten Stand erhalten werden soll, und dass bei dem umgekehrten Verhalten der äussern Wärme auch das umgekehrte mit der innern eintreten muss. Sonach hat es nichts Auffallendes, dass sogenannte Warmblüter die von *Vierordt* und *Letellier* aufgefundenen Beziehungen der CO_2-Bildung zur Lufttemperatur darbieten.

Andererseits ist es aber denkbar, dass die CO_2-Bildung in der umgekehrten Abhängigkeit von der äussern Wärme steht, wenn sich die Temperatur der CO_2 bildenden Substanz des Thieres der äussern Wärme anpasst, mit andern Worten, dass das wärmere Thier mehr CO_2 entwickelt, als das kältere. Hierfür spricht nicht allein der Gegensatz zwischen kalt- und warmblütigen, sondern es sind auch hiermit die Versuche der obengenannten Beobachter im Einklang.

Meine Beobachtungen unterscheiden sich nun von den frühern an Warmblütern angestellten dadurch, dass die Thiere ihre innere Wärme ändern mussten, so dass hierdurch die Kaninchen in die Lage gebracht wurden, in der früher nur die Kaltblüter beobachtet wurden. Sie unterscheiden sich von den ältern Beobachtungen, aber nicht allein durch diesen Umstand, sondern auch noch dadurch, dass die CO_2-Bildung gemessen

wurde während einer plötzlichen Temperaturänderung. Dieses kann nicht ohne Einfluss geblieben sein; denn die Beobachtungen über Nerven- und Muskelreizbarkeit haben bekanntlich ergeben, dass eine rasch veränderliche Temperatur zum Nerven- und Muskelreiz wird; sie muss sich demnach auch für CO_2-Ausscheidung wirksam zeigen.

Eine Gruppirung meiner Beobachtungen über CO_2-Ausscheidung nach den eben hingestellten Grundsätzen scheint nun in der That Licht in dieselben zu bringen. Vergleiche ich das Minutenmittel der CO_2-Ausscheidung in allen Beobachtungen, die bei über 38° C. ausgeführt wurden, mit denen die unter + 8° gewonnen sind, so ergiebt sich beim Kaninchen I. für die höhern Temperaturen die Zahl 15,50 und für die niedern Temperaturen die Zahl 18,09 und beim Kaninchen II. für die hohen Temperaturen die Zahl 11,49, für die niedern dagegen die Zahl 13,05. Das, was soeben für die Gesammtmittel aus allen höhern und niedern Temperaturen ausgesprochen wurde, gilt auch für die Separatmittel eines Versuchs, insofern vergleichbare Beobachtungen vorhanden sind. Diese Angaben sind also ein Hinweis darauf, dass auch in meinen Beobachtungsthieren die den Warmblütern eigenthümlichen Einrichtungen in den Gang gesetzt wurden, durch welche trotz der wechselnden äussern die innere Wärme auf stetiger Höhe erhalten wird.

Durchaus anders stellt sich dagegen das Ergebniss, wenn man die Zahlen miteinander vergleicht, welche die CO_2-Ausscheidungen der Minute darbieten, wenn das Thier längere Zeit hindurch in der dasselbe entweder erwärmenden oder abkühlenden Temperatur gehalten wird. Im erstern Falle, wenn also das Thier von der warmen Luft umgeben war, stieg die ausgeschiedene CO_2-Menge mit der Dauer des Aufenthalts dreimal in vier Beobachtungsreihen nicht unbeträchtlich an. Wenn dagegen das Thier längere Zeit in der kalten Umgebung verweilen musste, so blieb sich in den zwei ersten der aufeinander folgenden Beobachtungen die Menge der ausgeschiedenen CO_2 noch nahezu gleich; wurde dann aber die Einwirkung der kalten Luft (bis zu $1\frac{1}{2}$ Stunde) fortgesetzt, so sank die CO_2-Ausscheidung ausnahmslos sehr beträchtlich ab. Da das Thermometer, welches im After des Thieres stand, in dem einen Falle eine Erhöhung, in dem andern eine Erniedrigung der Eigentemperatur angegeben hatte, so haben wir hiermit eine Beziehung zwische

der Eigentemperatur und der CO_2-Bildung zu Gesicht bekommen, wie sie alle auf *Spallanzani* folgende Beobachter an den Kaltblütern aufgedeckt haben.

Es erübrigt uns nun noch, den Gang der CO_2-Ausscheidung darzustellen, wenn eine plötzliche Aenderung der Temperatur eintrat. Stieg die Wärme von 9 oder 4° plötzlich auf 37 oder 35°, so sank die CO_2-Ausscheidung um ein sehr beträchtliches ab; sie stieg dagegen, wenn umgekehrt die Wärme von 38° auf die 7° oder 6° herabkam, sehr bedeutend an.

Zum Beleg für meine Aussprüche mögen folgende Angaben dienen.

Mittlere CO_2-Ausscheidung in der Minute.

Kaninchen I.	Mittel aus allen Versuchen	bei hoher	Temper.	15,50	CbC.
		bei niederer	,,	18,09	,,
	,, ,, Versuch A	bei hoher	,,	10,84	,,
		bei niederer	,,	18,64	,,
	,, ,, Versuch C	bei hoher	,,	16,79	,,
		bei niederer	,,	17,73	,,
Kaninchen II.	,, ,, allen Versuchen	bei hoher	,,	11,49	,,
		bei niederer	,,	13,05	,,
	,, ,, Versuch A	bei hoher	,,	11,56	,,
		bei niederer	,,	10,49	,,
	Mittel nach Vernachlässig. v. A 5	aus den nied.	,,	12,40	,,
	Mittel aus Versuch B	bei hoher	,,	11,42	,,
		bei niederer	,,	14,33	,,

Ich wende denselben Gang der Betrachtung nun auch auf die absorbirten Sauerstoffmengen an.

Eine Vergleichung für Kaninchen I. und II. ergiebt, dass auch hier das Minutenmittel des absorbirten Sauerstoffs, welches aus allen Beobachtungen gezogen wird, in der niedern Temperatur grösser als in der hohen ist. Dasselbe ergiebt sich für die Mittel aus den einzelnen Versuchen mit den genannten Thieren. Mit Ausnahme eines Falls, in welchem das Minutenmittel für warme und kalte Temperaturen gleichblieb, ist es in der ersten jedesmal grösser als in der letztern.

Mittlere O-Absorption in der Minute.

Kaninchen I.	Mittel aus allen hohen	Temperatur.	20,24	CbC.
	,, ,, den niedern	,,	24,84	,,
Kaninchen I. Versuch A	,, ,, ,, hohen	,,	15,20	,,
	,, ,, ,, niedern	,,	25,22	,,
Kaninchen I. Versuch C	,, ,, ,, hohen	,,	24,68	,,
	,, ,, ,, niedern	,,	24,39	,,
Kaninchen II.	,, ,, allen hohen	,,	12,93	,,
	,, ,, ,, niedern	,,	19,37	,,

Kaninchen II. Versuch A	Mittel aus den hohen	Temperatur.	18,34	CbC.
	„ „ „ niedern	„	17,92	„
Kaninchen II. Versuch B	„ „ „ hohen	„	12,93	„
	„ „ „ niedern	„	20,82	„

Wenn dagegen die verschiedenen Minutenmittel des Sauerstoffs, welche ein Thier beim längern Aufenthalt in höherer Temperatur absorbirte, bei jedem einzelnen Versuche mit einander verglichen werden, so ergiebt sich ein mit der entsprechenden CO_2–Vergleichung analoges Resultat; es steigt nämlich mit dem dauernden Aufenthalt des Thieres in der Wärme, beziehungsweise mit der Erhöhung seiner eigenen Temperatur die absorbirte O–Menge an.

Das Verhalten des absorbirten O in niedern Temperaturen geht dagegen mit den entsprechenden CO_2–Vergleichungen nicht mehr parallel. Allerdings sinkt auch hier anfänglich der verbrauchte Sauerstoff beträchtlich ab, dagegen wächst die aufgenommene Menge in den Fällen sehr bedeutend wieder an, in welchen durch die fortdauernde Kälte eine bis nahe zur Todestemperatur gehende Abkühlung des Thieres hervorgebracht wurde.

Man könnte zweifelhaft sein, ob diese bedeutende Vermehrung der O–Absorption der Abkühlung für sich oder dem tetanischen Zustand der Muskulatur zuzuschreiben sei, die man nach Entfernung des Thieres aus dem Kastenraum bemerkte. Gegen die letztere Erklärung erhebt sich jedoch die Thatsache, dass in den Perioden, wo die ungewöhnlich hohe Absorption eintritt, die Ausscheidung der CO_2 ungewöhnlich tief stand, ein Verhalten, von dem bei der Muskelcontraction bekanntlich das Gegentheil eintritt.

Die Aenderung der O-Absorption bei einer plötzlichen Temperaturschwankung gestaltet sich beim Uebergang aus der Wärme in die Kälte gerade so, wie dieses unter entsprechenden Verhältnissen mit der CO_2 geschieht, d. h. es steigt der absorbirte Sauerstoff mit dem Umschlag der Wärme in die Kälte sehr merklich an.

Bei der entgegengesetzten Schwankung geben die beiden Versuche, die ich vorführen kann, kein übereinstimmendes Resultat, vielleicht darum, weil in den beiden Versuchsreihen die kalte Temperatur vor dem Eintritt der warmen ungleich lange eingewirkt hatte.

Die Versuche von *Szcelkow* haben zuerst den Nachweis ge–

liefert, dass innerhalb sehr kurzer Zeiten die Mengen des absorbirten O und der ausgehauchten CO_2 einander durchaus nicht proportional zu gehen brauchen. Ein ähnliches Verhalten für längere Zeiten haben die Versuche von *Pettenkofer-Voit* und von *Henneberg* ergeben. Unter den später bei der Fehlerprüfung mitgetheilten Daten (p. 96) kommen auch noch einzelne vor, welche zeigen, wie rasch der Werth der Kohlensäureausfuhr über die Sauerstoffabsorption steigen oder unter sie sinken kann. Aehnliches zeigen einzelne Beobachtungen der vorstehenden Tabelle. Diese sollen hier noch betrachtet werden. Die Fälle, in welchen der Quotient aus den O in die CO_2 die Einheit übersteigt, treten in dieser Beobachtungsreihe seltener auf, als diejenigen, in welchen er unter 0,6 herabsinkt. Wir finden die erstere nur in der einen später mitzutheilenden Beobachtungsreihe, in welcher die Dauer des einzelnen Versuchs nicht mehr als 5—7 Minuten betrug, und beidesmal, wo dieser hohe Werth des Quotienten erscheint, folgt unmittelbar darauf eine Beobachtung, in welcher der Quotient bis zu 0,6 herabsinkt. Darnach scheint es, als ob unter den gewöhnlichen Lebensbedingungen des ruhigen Kaninchens nur selten auf lange Zeiten eine Abweichung von dem mittlern Werth des Quotienten stattfindet.

Das Ueberwiegen der O-Aufnahme über die CO_2-Ausscheidung zeigt sich dagegen häufiger auch in Beobachtungen, welche sich über mehr als 10 Minuten erstreckten. Dabei war in keinem Falle eine Beobachtung vorausgegangen, in welcher der Quotient die Einheit überschritten oder auch sich ihr nur genähert hätte. Freilich waren aber jedesmal die Bedingungen, unter denen sich die Thiere während jener Beobachtungen befanden, von den normalen Verhältnissen sehr abweichend.

Der Eintritt des Quotienten im Werthe nahezu von 0,5 kann dadurch bedingt werden, dass entweder die Absorption des O über den bisher stattgefundenen Werth angestiegen, während die CO_2-Ausscheidung sich gleich erhalten hatte oder gesunken war, oder aber es kann nur das letztere, bei unverändertem Sauerstoffverbrauch, eingetreten sein. Jedes dieser einzelnen Vorkommnisse würde natürlich auf einen besondern Verlauf des Lebens schliessen lassen.

Mustern wir auf Grundlage dieser Betrachtung unsere Beobachtungen durch, so finden wir in der That alle Möglichkeiten vertreten.

Bei dem Kaninchen II. (pag. 67) finden wir zweimal den niedrigen Quotienten und zwar so, dass einmal sein Werth auf 0,43, das andremal auf 0,50 herabkam. In beiden Fällen ist die CO_2-Ausscheidung während der Beobachtung, die den niedrigen Quotienten lieferte, im Vergleich zu der CO_2-Ausscheidung in der unmittelbar vorhergegangenen Ausscheidung gesunken und zwar um 10, beziehungsweise 20 Proc. Die O-Aufnahme hat sich dagegen im Vergleich zu der unmittelbar vorhergegangenen um 45, beziehungsweise 75 Proc. vermehrt. In beiden Fällen hatte nach vorhergehender Ueberwärmung des Thieres so lange die Kälte eingewirkt, bis jener zu tetanischen Bewegungen disponirende Zustand seiner Muskeln eingetreten.

Eine ähnliche Unabhängigkeit der O-Aufnahme und CO_2-Abgabe findet sich beim ersten Kaninchen. Als das bis dahin erwärmte Thier aus der hohen in die mittlere Temperatur, d. h. von 38,5 auf 19,8^0 zurückgeführt wurde, sank gegen den unmittelbar vorhergehenden Versuch die CO_2 um 24 Proc. Allerdings war die CO_2-Ausscheidung in dem unmittelbar vorhergegangenen Versuche eine sehr bedeutende gewesen. Legt man statt des eben erwähnten Versuchs den Versuch bei annähernd gleicher Temperatur vor dem Eintritt in die Ueberwärmung zu Grunde, so ergiebt sich dagegen kein Absinken der CO_2. Wenn es demnach zweifelhaft bleibt, ob man die CO_2-Bildung in diesem Falle als eine normale ansehen muss, so ist unzweifelhaft eine bedeutende Steigerung des O-Verbrauchs eingetreten, denn verglichen mit dem unmittelbar vorhergehenden Versuche war die O-Aufnahme um 18 Proc., mit derjenigen dagegen zusammengehalten, welche vor der Ueberwärmung vorhanden, war sie um 28 Proc. gestiegen.

Der vierte Versuch mit niedrigen Quotienten kam bei dem Kaninchen I. vor, nachdem dasselbe erst abgekühlt und dann etwa 45 Minuten überwärmt worden war. Hier ruht die Ursache, warum sich der Quotient erniedrigte, darin, dass die CO_2-Ausscheidung herabgegangen war. Verglichen mit dem unmittelbar vorhergehenden Versuche war sie um 33 Proc. niedriger geworden. Diese Erniedrigung würde noch grösser ausgefallen sein, wenn sich das Kaninchen bei dieser Versuchsreihe so verhalten hätte, wie es sonst geschehen, wenn es längere Zeit in hohen Temperaturen verweilte; in andern Fällen

nämlich pflegte die CO_2-Ausscheidung mit der Einwirkungsdauer der hohen Temperatur zu wachsen. Die O-Absorption war in diesem Falle wenig oder gar nicht gestiegen. Gegen den unmittelbar vorhergegangenen Versuch betrug seine Zunahme allerdings 8 Proc.: diese fällt aber nicht in das Gewicht, da in der Regel mit dem andauernden Aufenthalt des Thieres in der Wärme die O-Absorption um ähnliche Werthe zuzunehmen pflegt.

Die vorgeführten Erscheinungen zeigen, dass eine Vermehrung der O-Absorption auf Grundlage zweier durchaus verschiedener Bedingungen eintreten kann; einmal tritt sie ein, wenn die Bildung der CO_2 eine sehr lebhafte ist, also bei einem gesteigerten Umsatz der thierischen Stoffe. Die Steigerung der O-Absorption kann aber auch eintreten beim geraden Gegentheil, bei einer Verminderung der CO_2. Hier bleibt es nun freilich fraglich, ob der vom Blut aufgenommene Sauerstoff nur an die Absorbenten dieses Gases, welche in den Geweben enthalten sind, abgegeben wird, oder ob er zur Erzeugung niedriger Oxydationsproducte dient. Mir scheint die Frage nicht müssig, ob nicht vielleicht die grosse Menge von O, welche das niedrig temperirte Thier aufnimmt, in Verbindung steht mit der bedeutenden und andauernden Muskelreizbarkeit, die wir bei Warmblütern finden, wenn sie längere Zeit hindurch auf einer so niedern Temperatur verweilten, dass hierdurch ihr Inneres sehr merklich abgekühlt wurde.

Ueber den Verkehr des Stickgases würde ich mir ein Urtheil erlaubt haben, wenn mir mehr Uebung und grössere Zahlenreihen zu Gebote gestanden hätten. Für jetzt erwähne ich nur, dass in 36 Beobachtungen 24 vorkommen, die auf eine vollkommene Gleichgültigkeit dieses Gases schliessen lassen; acht derselben deuten auf eine Absorption des Gases hin, und unter diesen sind mindestens drei, in welchen der Verbrauch so gross war, dass das Deficit weit über die Fehlergrenze hinausfällt.

Ueber die Aenderung in der Zahl der Athemzüge. Da ich während meiner Beobachtungen jedesmal die Athemzüge zählte, welche das Kaninchen ausführte, so wurde hierdurch ein Material gewonnen, aus welchem die Abhängigkeit der Athemfolge von der Temperatur und dem Gasaustausch ermittelt werden konnte. Meine Beobachtungen sind nicht zahlreich genug, als dass ich ein Gesetz über die Abhängigkeit der Athembewegung von den beiden genannten willkührlich variabeln

ableiten könnte; sie eignen sich nicht einmal, um kritisch in die Verhandlungen einzutreten, die über diesen Gegenstand von *Vierordt*, *Traube*, *J. Rosenthal* und *Ackermann* angeregt worden sind. Ich führe nur Einiges aus meinem Tagebuche an, welches, wie ich glaube, in der Zukunft Beachtung verdienen dürfte. Da ich mich überzeugt habe, wie sehr die Athemzahl mit den einzelnen Thieren veränderlich ist, so beschränke ich mich auf die Betrachtung von 20 Beobachtungen, die ich am Kaninchen I. gewonnen habe.

Ordnet man die Beobachtungen über die Athemzahl nach der steigenden Temperatur der umgebenden Luft, so lassen sie, wie man aus nachfolgender Zusammenstellung ersieht, nur insofern eine Abhängigkeit von der steigenden Temperatur erkennen, als das Mittel der Athemzahl bei einer Lufttemperatur unter 9° nur etwa 20 Proc. niedriger ausfällt, als bei einer Temperatur über 35°.

Zusammenstellung der Zahl der Athemzüge nach der Temperatur für Kaninchen I.*)

Hinweis der Beobachtung auf Tabelle in pag. 65 fg.	Lufttemperatur	Zahl der Athemzüge in der Minute	Mittelwerth der Athemzüge
I. C. 3.	3,4°	48—52	53
I. C. 2.	4,4°	48—53	
I. C. 1.	6,5—9,5°	48—56	
I. A. 1. 2.	9°	60—64	
I. B. 5.	19,8°	52—64	
1. 2. 3. 4.**)	20°	39—48	63.
I. C. 4.	35,0—37,5°	44—48	
I. A. 3. 4.	37,5°	40	
I. B. 3.	37—39°	72—84	
I. C. 5.	38,2°	40—42	
I. B. 2. 4.	38,5°	48—62—84	
I. B. 1.	39,5—40,5°	64—84	
I. B. 2. 3.	40,4°	84—116	

Geht man die Zahlen dieser Zusammenstellung im Einzelnen durch, so bemerkt man, namentlich während der

*) In diese Tabelle sind aus dem Tagebuch die Einzelzahlen eingetragen statt der mittlern, wie dieses öfter in der frühern Tabelle geschehen.

**) pag. 95 ff.

Temperaturen, die über 35° liegen, sehr grosse Unregelmässigkeiten.

Da unzweifelhaft die Athemzahl nicht blos durch die Körpertemperatur, sondern auch durch die Grösse des Gasaustausches bestimmt wird, so war es geboten, auch eine Zusammenstellung der in der Minute vollführten Athemzüge mit den in dieser Zeit ausgeschiedenen CO_2– und absorbirten Sauerstoffmengen anzulegen. Als ich dieses ausführte, zeigte sich auf den ersten Blick gar keine Beziehung. Allerdings kann man bemerken, dass mehrmals, wenn bei annähernd gleichen Temperaturen die Gassumme steigt, auch die Athemzahl zunimmt. Dies gilt sowohl für hohe als für niedere Temperaturen; andere Male sinkt sie jedoch auch bei steigender Gassumme.

Daraus wäre zu schliessen, dass ausser den genannten Bedingungen auch noch andere rasch veränderliche die Zahl der Athemzüge bestimmen. Dieses ist ja auch, namentlich für reflectorische Erregungen von Seiten der Haut, bekannt genug, und namentlich bemerkte ich sehr häufig, wie rasch die Athemfolge sich änderte, wenn das Thier erschüttert oder mit der Hand berührt wurde.

Genauere Beschreibung des Apparates.

Beim Niederschreiben des Folgenden habe ich vorausgesetzt, dass der Leser die auf Seite 59 u. fg. gegebene schematische Darstellung des Verfahrens schon kenne.

1) Abtheilung für die Lüftung des Athmungsraums und die Absorption der CO_2. Taf. I. Fig. 1 und 2; die erste Figur giebt eine Ansicht von vorn, die zweite von der Seite. Dieses Stück besteht aus den beiden communicirenden birnförmigen Gefässen *A B*, dem Tragbrett derselben *C C*, dem *T*–förmigen Verbindungsrohre *E E*, dem Hahn *F* mit seinem Träger *G*, und endlich dem Verbindungsstab zwischen dem Hahn und dem Tragbrett der birnförmigen Gefässe *H*. In dem Halse des Gefässes *A* steckt ein Thermometer. Jedes der beiden birnförmigen Gefässe hat einen untern verdickten und einen obern schlanken Hals; in die unten verdickte Hülse ist ein gebogenes Rohr eingeschliffen, so dass hierdurch die hohlen Räume der beiden Glasbirnen miteinander in Verbindung stehen. Zur Vervollständigung des luftdichten Verschlusses sind die senkrechten Stücke des gebogenen Rohres in die Hülse eingekittet, und ausserdem sind jederseits die beiden verkitteten Stücke durch starke Fäden

aneinander gebunden. An dem obern schlanken Ende sitzt jederseits ein ⊢-Rohr auf. Der senkrechte Schenkel dieses ⊢ ist an der einen Seite durch ein starkwandiges Kautschukrohr luftdicht auf dem obern Hals aufgesetzt, und zwar in der Art, dass die beiden abgeschliffenen einander entsprechenden Enden der beiden Glastheile unmittelbar aufeinander stossen: Fäden, welche um die Kautschukröhre oben umgelegt sind, halten die Theile in ihrer Lage fest.

Die oben abgeschliffene Oeffnung des senkrechten Schenkels ist jederseits durch Platten aus Eisen verschlossen. Aus einer dieser Metallplatten ragt eine kurze Röhre hervor, durch welche ein Thermometer luftdicht in die Höhle des birnförmigen Gefässes eingesenkt werden kann; auch an diesem Orte sind die Fugen durch Kautschukkappen luftdicht gemacht und fest zusammengepresst.

Der waagerechte Schenkel des ⊢ trägt an seinem freien Ende ein kurzes starkwandiges Kautschukrohr, mittelst dessen jener Schenkel jederseits mit einem entsprechend weiten Metallrohr verbunden werden kann, das von der Hülse des Ventilationshahns dem waagerechten Schenkel des ⊢-Rohrs entgegengeht.

Die bis dahin beschriebenen Glasstücke empfangen dadurch einen Halt, dass die Glasbirnen in zwei entsprechenden kreisförmigen Ausschnitten eines starken Brettes (*CC*) eingelassen sind.

Der Ventilationshahn (siehe den Durchschnitt des Hahns Fig. 3) besteht aus einem festgestellten Kern und einer beweglichen Hülse. — Der cylindrische Kern ruht mit seinen beiden Enden unbeweglich je in einem Lager. Beide Lagerstätten sind oberhalb durch einen starken Bügel miteinander verbunden. An der vom Beschauer abgewendeten Seite geht von diesem Bügel eine breite starke Eisenleiste (*G*) herab, welche sich nach abwärts etwa so tief erstreckt als das Verbindungsrohr der beiden Birnen. An ihrem untern Ende ist die Eisenschiene umgebogen und auf das obere Ende einer hölzernen Säule aufgeschraubt, welche ihrerseits auf dem Fussboden unverrücklich befestigt ist.

Der cylindrische Kern des Ventilationshahns ist von der einen seiner beiden Grundflächen her mit zwei durch eine Scheidewand voneinander getrennten Durchbohrungen versehen. Diese cylindrischen Bohrcanäle ragen bis in die Hälfte seiner Länge hinein und biegen dort jederseits gegen den Mantel

des Cylinders um, den sie schliesslich durchbrechen. Der Theil des Canals, der von dem centralen Theile des Cylinders gegen die Oberfläche desselben geht, läuft nach dieser letztern hin verbreitert aus, so dass die breite Spalte, welche sich auf der Oberfläche öffnet, jederseits ein Viertel des Kreisumfangs einnimmt. Siehe den Durchschnitt des Hahns Fig. 3 und die Seitenansicht und den Durchschnitt des Kerns Fig. 4.

Um den cylindrischen Kern des Ventilationshahns bewegt sich luftdicht eine starke cylindrische Hülse. Von der äussern Fläche dieser Hülse geht eine starke Eisenleiste (*H*) nach unten ab; an ihrem untern Ende trägt sie eine horizontale, mit einer Schraube versehene Klammer, die zwischen ihren beiden Blättern das Tragbrett der Birngefässe umgreift. Eine Nute, die in der Mitte des Brettes eingeschnitten ist, und eine Schraube, die von der Klammer herabgeht, sichert die feste Verbindung des Brettes mit dem Metallstabe; nach Lösung der Schraube kann das Brett leicht herausgenommen und durch ein anderes kugeltragendes ersetzt werden.

Von dem senkrechten Eisenstab, der, wie soeben beschrieben, das Brett trägt, geht etwa in der Mitte seiner Länge ein Eisenbügel *N* ab, dessen nach hinten gerichtete Zinken etwas über die Schiene *G* hinausragen, welche das Lager für den Kern des Ventilationshahns trägt. Gerade den breiten Seitenflächen dieser Schiene *G* gegenüber ist der Bügel, welcher von dem senkrechten Fortsatz *H* der Hülse ausgeht, jederseits von einer verstellbaren Schraube durchbohrt, und an den gegenüberstehenden Stellen ist um den Träger des Kernlagers ein Kautschukstreifen herumgelegt. Der Sinn der soeben beschriebenen Einrichtung ist der, dass durch den Bügel mit seinen Schrauben der Umfang der Drehung begrenzt wird, welchen die Glastheile und die mit ihnen verbundene Hülse um den Kern des Hahns erfahren können.

Um die eben geschilderte Drehung für die Ventilation nutzbar zu machen, gehen von der Hülse des Ventilationshahns die beiden vorhin schon erwähnten Mittelröhren *O* aus, welche durch einen kurzen Kautschukschlauch an die horizontalen Schenkel des T-förmigen Stückes *E* gefügt werden können. Die Art und Weise, wie die Ventilation zu Stande kommt und wie der Luftstrom geht, ist folgende: Gesetzt, es sei jede der beiden Birnen bis in die Hälfte ihrer Höhe

mit Flüssigkeit gefüllt und ebenso das untere Verbindungsrohr zwischen beiden, und es werde nun durch Drehung an dem Brette *C* die Kugel *A* emporgehoben und in Folge dessen *B* gesenkt, so wird die Flüssigkeit aus *A* in *B* fliessen und demnach Luft durch die Bohrlöcher *OO* des Hahns in *A* gesaugt und aus *B* hervorgestossen werden. Hierbei wird das Volum der Luft, welches in die eine Kugel eindringt, gerade so gross sein wie das, welches aus der andern ausfliesst, weil das Gesammtvolum des Systems seiner überall steifen Wand wegen unveränderlich bleibt. Wenn, wie in dem vorliegenden Apparat, dafür gesorgt ist, dass die Röhren, durch welche die Luft und die Flüssigkeit strömt, überall weit sind, so wird sich auch kein Druckunterschied vor und hinter dem Strome einstellen, da eine jede Druckdifferenz durch den eingeleiteten Strom alsbald ausgeglichen wird.

Ohne merkliche Anstrengung kann jede Kugel in einer Minute 20—30mal auf ihren höchsten und ebenso viel mal auf ihren niedrigsten Stand gebracht werden, so dass hiernach in der Minute mindestens 10—15 Litres Luft durch den Athmungsraum hindurchgehen können.

2) Schnauzenkappe mit dem Verbindungshahn und den Leitungsröhren. — Diese Abtheilung besteht aus einer zur Kappe umgewandelten Kautschukröhre, die an eine Messingscheibe angebunden ist. Auf ihrer andern Seite trägt die Messingscheibe einen Hahn, aus dem drei Röhren hervorgehen, und ausserdem trägt sie neben dem Hahn noch eine vierte Röhre.

Das Kautschukrohr hat dünne Wandungen; es ist so weit, dass es bequem über die Schnauze eines rasirten Kaninchenkopfes herübergezogen werden kann und zwar so, dass wenn das freie Ende dieses Rohres bis nahe an die Augen über die Schnauze gezogen ist, die Wand desselben luftdicht an die mit Talg bestrichene Kaninchenhaut anschliesst (siehe Fig. 9). Die Länge der Kautschukkappe wird durch das entsprechende Maass der Kaninchenschnauze bestimmt; denn für die andern Bedingungen des Versuchs ist es vortheilhaft, den von der Schnauze freigelassenen Rauminhalt so klein wie möglich zu machen; also muss nach dem Anlegen der Kappe die Nasenöffnung des Thieres fast bis zur Berührung mit der Platte an dieselbe heranragen. Um das Abrutschen der Kappe von dem spitzen Kopf des Kaninchens zu verhindern, ist an dem freien Rande

derselben und zwar senkrecht auf die Fläche ihrer Lichtung eine Kautschukschlinge ausgeschnitten, welche über das Hinterhaupt des Kaninchens bis unter die Ohren desselben gezogen werden kann. Diese Schlinge wird aus der Wand der Röhre, die als Kappe dient, dadurch hergestellt, dass man an zwei gegenüberliegenden Wandflächen je einen fingerbreiten Streifen stehen lässt. .Diese beiden Streifen werden zusammengenäht; die Entfernung, in der dieses vom freien Ende der Kappe geschieht, richtet sich nach dem Abstand der Augen vom Hinterhaupt. Das entgegengesetzte Ende der Kappe ist an den vorhin erwähnten Ring der Messingplatte *P* luftdicht aufgebunden.

Der messingene Boden der Kappe *P*, Fig. 5 und 6 von der Seite, Fig. 7 von oben, ist dreimal durchbohrt; zwei dieser Bohrungen dringen in den Hahn ein, und die dritte geht neben dem Hahn in eine Messingröhre über, auf die ich sogleich zurückkommen werde. Der Hahn selbst (Fig. 8 im Durchschnitt, ausserdem 5 bis 9), dessen Hülse auf die Messingplatte gelöthet ist, hat drei Durchbohrungen; eine geht in senkrechter Richtung auf die Ebene der Platte, so dass durch sie der Hohlraum der Kappe auf dem kürzesten Wege mit der umgebenden Luft in offene Verbindung gesetzt werden kann. Die beiden andern Bohrungen durchsetzen den Hahn in einem rechten Winkel und zwar so, dass je einer der Schenkel ihres Winkelcanals horizontal, der andere aber senkrecht läuft. Die beiden horizontalen gehen dann auch ausserhalb der Hülse parallel und zwar in die beiden Röhren *T R* über. Die beiden senkrechten Bohrungen gehen dagegen in entgegengesetzter Richtung. Die eine (Fig. 8) öffnet sich nämlich auf der untern Seite der Hülse und setzt somit den Hohlraum der Kappe mit dem Rohr *T* (Fig. 6) in Verbindung; die andere aber mündet nicht in die Kappe, sondern geht aufwärts (Fig. 8) und setzt (Fig. 6) die Röhren *R* und *S* miteinander in Communication.

Die drei Bohrungen des Hahns über der Kappe sind so gestellt, dass die mit geradem Verlauf in der Mitte zwischen den beiden Winkelcanälen steht. Die Durchbohrungen, welche der Kern unseres Hahns trägt, sind so auf seinen Umfang vertheilt, dass die winkelrechten Durchbohrungen, beziehungsweise deren Fortsetzungen, in die Röhren abgeschlossen sind, wenn der Canal offen steht, welcher auf geradem Wege aus der Kappenhöhle in die Luft führt, und umgekehrt.

Die Oeffnung (Fig. 8, *z*), welche, ohne in den Hahn einzumünden, unmittelbar aus der Kappenhöhle durch die Platte auf deren obere Fläche geht, verbindet mittelst des Kappenraumes die Messingröhre *U*, welche senkrecht von der Platte aus emporsteigt, mit Röhre *T*. Nachdem *U* eine Strecke hindurch die senkrechte Richtung innegehalten, biegt sie in einem rechten Winkel um und läuft dann horizontal weiter. Einige Zoll von ihrer Winkelbiegung entfernt (Fig. 6 und 7) kehrt sie um und läuft nun, indem sie in die Röhre *S* übergeht, parallel den Weg, den sie gekommen, zum Verbindungshahn zurück.

An der Umbiegungsstelle der beiden Röhrenschenkel *S U* mündet eine Röhre *a*, so dass es hier zur Bildung einer hohlen Gabel kommt. Der kurze Stiel dieser Gabel trägt in der Mitte seiner Länge ein kurzes, senkrecht aufgesetztes Rohr (*b*, Fig. 5). An der Verbindungsstelle der beiden Röhren befindet sich ein Hahn mit ⊢förmiger Bohrung, wodurch nach Belieben bald die geradlinige Fortsetzung der horizontalen Röhre (des Gabelstiels) in offene Verbindung tritt, bald aber auch das Lumen der senkrechten Röhre (*b*) mit der Fortsetzung der horizontalen zu verbinden ist, welche jenseit des Hahns (*d*, Fig. 5) ins Freie läuft. Die ⊢förmige Bohrung ist so eingerichtet, dass der horizontale Canal geschlossen wird, wenn der senkrechte offen steht, und umgekehrt.

Die Gabel (*a c*, Fig. 5) mit den rechtwinkelig aufgesetzten Zinken (*b d*), welche bis dahin beschrieben wurde, hat die Aufgabe, die Höhlung der Schnauzenkappe um den Sauerstoff führenden Theil des Apparates mit dem Ventilationshahn und seinen Anhängen zu verbinden, jedoch so, dass der Luftstrom, welcher aus einer der Birnen ausgeht, immer bis zum Stiel der Gabel laufen muss und erst von da aus durch die Schnauzenkappe hindurch zu der andern Birne gelangt. — Ausserdem aber soll er, nach Abschluss der eben geschilderten Verbindung, auch die Sauerstoffkugel mit der äussern Luft in Communication zu setzen im Stande sein.

3) Abtheilung für den Ersatz des verbrauchten Sauerstoffs. Diese Abtheilung besteht aus dem Gefäss für den Sauerstoff, der Druckflasche und dem Regulator des Drucks. Das Gefäss für die Aufbewahrung des zu verbrauchenden Sauerstoffs ist die Kugel (*h*, Fig. 5), aus der nach oben und unten zwei gerade, gleich weite Röhren ausgehen. Auf die obere der beiden Röhren (*g*)

ist ein hohles Querstück aufgeschmolzen. Die beiden geraden Röhren sind mit einer Theilung versehen und sammt dem Inhalt der Kugel geaicht. Das Querstück am freien Ende des obern Rohres (*g*) ist nach der einen Seite (*e*) hin durch einen Kautschuk mit dem Stielende der vorhin beschriebenen Gabel verbunden, so dass je nach der Stellung des Hahns die Sauerstoffkugel bald mit der Schnauzenkappe und dem Ventilationsapparate, bald aber auch mit der atmosphärischen Luft in Berührung gebracht werden kann.

In der andern Mündung des Querrohres (*f*) steckt der Manometer mittelst eines Kautschukpfropfens luftdicht.

Das untere Rohr (*i*), welches aus der Sauerstoffkugel hervorgeht, läuft in ein ⊢förmiges Messingrohr aus. Dieses letztere hat am Zusammenstoss seiner drei Zweige einen ⊢förmig durchbohrten Hahn, durch welchen einerseits die Sauerstoffkugel (*h*) mit einer grossen sauerstoffhaltenden Flasche (*k*) in Communication gebracht werden kann, mit Hülfe dessen aber auch andererseits eine Verbindung zwischen der O-Kugel und der Druckflasche herzustellen ist.

Die grosse als Gasometer dienende Flasche (*k*) steht innerhalb eines Wasserbehälters aus Blech. Das Wasser ragt bis über den Kautschukpfropf des Gasometerhalses hinaus. Will man die Sauerstoffkugel, nachdem sie durch den vorhergehenden Versuch mit Wasser gefüllt ist, von neuem mit Sauerstoff füllen, so hat man nur nöthig, die Hähne (*cd*) am Gabelstiel abzuschliessen und die offene Verbindung zwischen dem Gasometer und der O-Kugel herzustellen; alsbald tauscht sich das Wasser der Kugel gegen den Sauerstoff des Gasometers aus.

Die Flasche (*n*), welche durch das Rohr (*l*) mit dem horizontalen Schenkel des ⊢förmigen Rohrs zwischen *i* und *k* verbunden, ist unmittelbar über ihrem Boden mit einer Tubulatur und einem guten Glashahn (*m*) versehen. Ihr Hals ist mit einem doppelt durchbohrten Kautschukpfropf verschlossen; durch die eine seiner beiden Oeffnungen geht ein kurzes Glasrohr *o*, auf welchem durch ein Kautschukrohr ein kleiner Glastrichter aufgestellt wird; er dient zum Nachfüllen des Wassers. Ist die Flasche gefüllt, so kann durch eine Schraubenklemme oder einen Hahn dieser Ausgang der Flasche verschlossen werden.

Die andere Oeffnung des Pfropfs der Druckflasche ist von einem Glasrohr (*p*) durchbohrt, das rechtwinkelig gebogen ist

und in einen längern (*rr*) Kautschukschlauch abläuft, der bis zu dem Bügel geht, welcher das Glasrohr des Regulators trägt.

Der Körper des Druckregulators (Fig. 10 im Durchschnitt und Fig. 11 von oben) besteht aus einem sehr flachen cylindrischen Messinggefäss. Aus dem Boden dieses Gefässes (*s*) geht ein sehr kurzes Röhrchen aus, welches in die Messingröhre *S* einmündet, die aus dem Hahn über der Schnauzenkappe hervorgeht. Die weite Mündung des cylindrischen Messinggefässes ist durch eine dünne Kautschukplatte geschlossen, welche auf der Wand des Gefässes festgebunden ist. Von dem Boden gehen drei Bügel (*vvv*) aus (sie sind hier durch drei Schrauben befestigt), die genau gegenüber der Mitte der Kautschukplatte zusammenlaufen und eine Hülse (*x*) tragen, in welcher ein enges Glasrohr (*z*) steckt, und welches bis zur Kautschukplatte (*u*) vorgeschoben werden kann; mit dem andern Ende dieses Röhrchens steht der von der Druckflasche kommende Kautschukschlauch (*rr*) in Verbindung.

Zurichtung des Apparates für den Versuch.

1) Füllung der Kugeln. Die sorgfältig gereinigten und getrockneten Ventilationskugeln beschickte ich mit etwa 400 CC. (etwa 5,5 Kilometer) Quecksilber, und darauf füllte ich, nachdem die beiden Kugeln durch das Quecksilber abgesperrt waren, in jede derselben 100 CC. einer Barytlösung, welche bei 15° gesättigt war, und verschloss darauf die Gefässe. Auf diese Weise bereitete ich mir 5—6 mit fortlaufenden Nummern versehene Kugelpaare vor.

Die Füllung mit Quecksilber geschah in der Absicht, um den Athmungsraum auf 500 CC. zu verkleinern und namentlich auch, um dem Luftstrom eine grössere Beschleunigung zu ertheilen, welcher durch den Unterschied des Spiegels in den beiden Kugelgefässen eingeleitet wurde. Diese Absicht wurde auch insoweit erreicht, dass binnen zwei Secunden die höhere Kugel ihren Inhalt an Quecksilber in die tiefere entleerte. Dem entsprechend konnte jede Kugel in der Minute 15mal gehoben und gesenkt werden, so dass in dieser Zeit die Schnauzenkappe von mindestens 12 Litres Luft durchsetzt werden konnte, die nahezu frei von CO_2 waren.

Die Menge des eingefüllten Quecksilbers muss so gross sein, um beim niedrigsten Stand der einen Kugel den Uebertritt des Baryts in diese aus der höher stehenden unmöglich zu machen, und andererseits dadurch, dass die Barytlösung nach

vollkommener Entleerung des Quecksilbers aus der höhern in die tiefere Kugel nur bis in den Hals der letztern hineinreicht. Der Umfang der Drehung, den zu diesem Ende die Kugeln ausführen mussten, konnte durch die beiden früher beschriebenen Stellschrauben genau regulirt werden.

2) Verbindung der Kappe mit der Schnauze des Thieres. Um den luftdichten Verschluss der genannten Theile hervorbringen zu können, ist es nothwendig, die Schnauze bis zur Höhe des Unteraugenhöhlenrandes sorgfältig von aller Behaarung zu befreien. Dieses geschieht am besten mittelst einer feinen und scharfen Scheere, da man bei noch so grosser Vorsicht mit dem Rasirmesser die schlaffe Haut über der vielfach gebogenen Oberfläche sehr leicht verletzt, ein Umstand, der dann besonders schädlich wirkt, wenn man an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen dasselbe Thier zum Versuch benutzen will. Sind die Haare so weit als möglich entfernt, so überstreicht man die Haut der Schnauze mit einer weichen Talgmasse, wobei man natürlich die unmittelbare Umgebung der Nasenöffnung zu treffen vermeidet. In gleicher Weise talgt man die links gemachte Kappe auf ihrer innern Fläche ein. Darauf zieht man die Ohren durch die Strippe für das Hinterhaupt und stülpt alsdann die Kappe über die Nase so weit, dass ihr freier Rand nahe unter die Augen zu liegen kommt. Hiernach muss die Kautschukwand der Kappe innig an dem Ober- und Unterkiefer anliegen und zwar so fest, dass das Thier den Mund nicht öffnen kann. Zur weitern Sicherung des Verschlusses bestreicht man auch noch die Spalte, wo sich der Rand der Kappe und die Kieferhaut berühren, mit weicher Talgmasse ein; alsdann bindet man durch einen Faden, der um die Ohren geschlungen ist, den Kopf des Thieres auf die Unterlage fest und steckt darauf das betreffende Messingstück der Kappe in den dazu bestimmten Halter. Ist das Kautschukrohr der Kappe richtig gewählt und sind die verschiedenen Handgriffe sorgfältig ausgeführt, so schliesst die Kappe nicht blos dann luftdicht, wenn das Thier ruhig liegt, sondern auch bei Bewegungen desselben. Hiervon kann man sich leicht überzeugen, wenn man von den beiden Oeffnungen, die aus der Kappe hervorgehen, die eine schliesst und in die andere ein Manometer einsetzt. Das Thier, welches nur über die Luft im engen Raum der Kappe gebietet, ändert unter heftigen Bewegungen alsbald den Druck in diesem

Athmungsraum. Das Manometer, welches diese Aenderungen angiebt, sieht man dann längere Zeit in der neuen Stellung verharren, wobei es gleichgültig, ob der Druck im Innern der Kappe höher oder niedriger als der atmosphärische ist.

Auch am Kopf des todten Kaninchens habe ich den Verschluss der Kappe manometrisch geprüft. Wenn der Druck im Innern der Kappe negativ war, so legte sich dieselbe um so inniger an die Kopfhaut an, je grösser der Druckunterschied zwischen innen und aussen wurde. Wenn dagegen der Druck im Innern der Kappe positiv wurde, so bewirkten die Kautschukränder bei so nachgiebigem Material, wie ich es anwendete, nur so lange einen sichern Verschluss, als der innere Druck dem äussern nicht mehr als 35 Mm. Hg. überlegen war. Stärkere und fester gespannte Kautschukwände würden auch bei höhern Druckunterschieden den Verschluss besorgen. Aus andern Gründen habe ich jedoch von ihrer Verwendung abgestanden, weil die Druckabweichung, unter der meine Versuche ausgeführt, immer niedriger war. Denn der innere Druck unterschied sich um höchstens ± 2 Millim. von dem der Atmosphäre.

Wenn die Kappe luftdicht aufsitzt, so steckt man die aus dem Hahn der Kappe hervorgehenden Röhren über den entsprechenden des Ventilationsapparats, wobei man den Kern des Kappenhahns natürlich so stellt, dass die Athembewegungen die Luft unmittelbar aus der Atmosphäre holen und sie ausstossen

3) Füllung der Sauerstoffkugel. Wir denken uns, bevor die Füllung der genannten Kugel geschieht, den ⊢förmig durchbohrten Hahn an der Grenze zwischen Athmungs- und Sauerstoffraum so gestellt, dass beide voneinander abgesperrt sind, und ebenso soll der Hahn, welcher an dem senkrechten Röhrenstück dieser Gegend eingefügt ist, geschlossen sein. Von da abwärts ist auch zu dieser Zeit der ganze Sauerstoffraum mit Wasser gefüllt bis zu dem ⊢förmig durchbohrten Canal der in der Grenze des Gasometers und des Sauerstoffraumes gelegen ist. Dieser letztere Hahn ist so gestellt, dass der Sauerstoffraum und das Gasometer voneinander abgesperrt sind; endlich ist auch der Glashahn, der in der Tubulatur der Druckflasche sitzt, geschlossen.

Will man nun die Kugel mit Sauerstoff füllen, so stellt man die Verbindung zwischen ihr und dem Gasometer so her, dass dabei das Rohr, welches vom Hahn zum Druckgefäss geht,

abgesperrt ist. Alsbald fliesst das Wasser aus den Röhren über der Kugel und aus dieser selbst in das Gasometer ab und seine Stelle nimmt der von unten her eindringende Sauerstoff ein. Gegen Ende dieses Austausches regelt man das Zufliessen von Sauerstoff so, dass in dem untern getheilten Rohr der Sauerstoffkugel noch einige Theilstriche hoch das Wasser stehen bleibt; alsdann stellt man den untern ⊢förmigen Hahn in der Art ein, dass die Sauerstoffkugel vom Gasometer abgeschlossen ist und mit dem Druckgefäss in Verbindung kommt: darauf überzeugt man sich, dass die beiden obern Mündungen des Druckgefässes von der äussern Luft abgeschlossen sind, und nun erst öffnet man den Hahn, welcher die Druckflasche mit dem Sauerstoffraume in Verbindung setzt. Da man dafür gesorgt hat, dass ein kleiner Ueberdruck in der Wasserflasche vorhanden ist, so stürzt das Wasser in den Sauerstoffraum und comprimirt das dort vorhandene Gas. Wenn dieses geschehen, so schliesst man den Hahn des Wassergefässes und öffnet rasch vorübergehend denjenigen, welcher in dem senkrechten Rohr zwischen dem Sauerstoff- und Athmungsraum liegt. Das zusammengepresste Gas schleudert durch die entstandene Oeffnung den letzten Wassertropfen aus, der noch in jenen Röhrenstücken sass, und gleicht dabei seinen Druck mit dem der Atmosphäre aus. Ist darauf wieder der obere Hahn geschlossen, so entlässt man mit der vorher angegebenen Vorsichtsmassregel das in die Sauerstoffkugel eingeflossene Wasser wieder in das Gasometer und holt dafür wieder Sauerstoff heraus, sperrt dann das Gasometer ab und setzt den Sauerstoffraum mit dem Druckgefäss in Verbindung. Sollte noch einmal Wasser in die Sauerstoffkugel eindringen, so wiederholt man die eben angegebenen Handgriffe von Neuem und zwar so oft, bis das Wasser in der untern Röhre stehen bleibt und das Manometer angiebt, dass der Druck des Sauerstoffs gleich dem der äussern Luft ist. Hiernach stellt man auch die Verbindung zwischen dem Sauerstoff- und dem Athmungsraum her, und der Versuch kann beginnen, nachdem man den Stand des Wassers in der untern Sauerstoffröhre und die Zeit auf einer Secundenuhr abgelesen.

Der Beginn des Versuchs ist zeitlich sehr genau abgegrenzt, da es nur nöthig ist, den Kappenhahn umzudrehen, um die Athmung des Thieres in den Apparat hinein, statt, wie bisher, in die umgebende Luft geschehen zu lassen.

4) Vorbereitung des Druckgefässes. Nach einem jeden Versuche muss man das Wasser, welches aus dem Druckgefäss ausgeflossen, durch neues ersetzen, da demselben eine solche Stellung gegeben wurde, dass nur so viel Wasser ausfliessen kann, als gerade nothwendig ist, um den Sauerstoff in die obere getheilte Röhre des Sauerstoffraums hineinzutreiben.

Gang des Versuchs. In allen Lufträumen des Apparats ist vor dem Beginn des Versuchs der Druck gleich dem des atmosphärischen. Die Zeit seines Anfangs ist scharf begrenzt durch die Umdrehung des Hahns über der Kappe. Mit dem ersten Athemzug, den das Thier in den Apparat hinein ausführt, beginnt auch das Spiel der Kautschukplatte, und zu gleicher Zeit treten kleine Schwankungen in dem Quecksilber des Manometers ein. Diese letztern können der In- und Exspiration entsprechend entweder um den Nullpunkt der Quecksilberscala schwanken, oder es geschieht dieses um einen Punkt herum, welcher höher oder tiefer als der Nullpunkt liegt. Wird durch das Manometer ein Druck im Apparat angezeigt, welcher niedriger als der atmosphärische ist, so lässt sich diesem Uebelstand leicht dadurch abhelfen, dass man das Röhrchen, welches gegen die Kautschukplatte angedrückt ist, ganz allmählig und zwar so lange von dieser entfernt, bis die Oeffnung des Röhrchens während der Inspiration so weit gelüftet wird, dass die während der Oeffnung nachfliessende Menge von Sauerstoff genügt, um das verschwundene Gas durch neues zu ersetzen.

Zeigt aber umgekehrt das Manometer im Apparat einen höhern Druck als die Atmosphäre an, und geschieht dieses trotzdem, dass der Wasserdruck, welcher auf den Sauerstoffraum presst, ein sehr mässiger ist, so liegt die Schuld entweder daran, dass das Röhrchen um ein Kleines zu weit von der Platte entfernt ist; man kann dann durch sorgfältige Regulirung seines Standes leicht Abhülfe leisten. Oefterer aber ist auch der Ueberdruck bedingt durch tiefe Einathmungen, die vielleicht nur zeitweilig in dem Verlauf eines Versuchs eintreten. In diesem Falle habe ich den Hahn, der in der Tubulatur der Druckflasche gelegen ist, für einige Zeit und namentlich so lange geschlossen, bis das Manometer seine kleinen Schwankungen um den Nullpunkt herum ausführt. Wenn der Versuch seinem Ende nahte, d. h. wenn nämlich das Wasser in das obere aus der Sauerstoffkugel hervorgehende Röhrchen eintrat, so habe ich, insofern

dieser nicht schon vorhanden war, absichtlich einen kleinen Ueberdruck der Luft im Apparate dadurch herbeigeführt, dass ich vorübergehend die Kautschukplatte vor der Röhre, die zum Druckgefäss führte, lüftete, wodurch das Wasser bis nahezu zum obern Ende des genannten Röhrchens emporstieg, und dann sogleich den untern Hahn des Druckgefässes geschlossen; darauf liess ich das Thier noch so lange in den Apparat hineinathmen, bis sich der Druck innerhalb desselben genau gleich dem des atmosphärischen gestellt hatte. Auf diesen letztern Zeitpunkt muss alle Vorsicht verwendet werden, da jede Ungleichheit des äussern und innern Drucks bei der Berechnung der Versuche auf fehlerhafte Resultate führt, weil dieselbe unter der Voraussetzung der Druckgleichheit ausgeführt wird.

1) Fehler des Apparats. Auswerthung des Sauerstoffs. Seine Bestimmung ruht auf einer einfachen Gleichung. In dieser bedeutet J das Luftvolum, welches der Athmungsraum des Apparats fasst; O das aus der Kugel in den Apparat übergetretene Luftvolum (beide Luftvolumina auf 0^0 und 1 M. Hg reducirt), α der procentische O-Gehalt der atmosphärischen Luft, $\alpha \pm \beta$ der procentische Gehalt der Luft im Apparate nach Beendigung des Versuchs, γ der Sauerstoffgehalt der Luft in der Kugel. Unter dieser Voraussetzung ist das verbrauchte Sauerstoffvolum $V = J\alpha - J\,(\alpha \pm \beta) + O\gamma$. Es wird also darauf ankommen, die Ungenauigkeiten aufzusuchen, welche den genannten Werthen anhaften können.

Die procentische Zusammensetzung der Gasgemenge ist durch die eudiometrische Analyse festgestellt; also müssen die Zahlen α, $\alpha + \beta$ und γ mit den Ungenauigkeiten dieser analytischen Methode behaftet sein, welche sich bekanntlich auf $\pm$ 0,1 Proc. belaufen. Da in meinen Versuchen die aus der Sauerstoffkugel ausgetretene Luftmenge nie mehr als 328 CbC und die im Apparat enthaltenen 375 CbC betrug, so kann die analytische Ungenauigkeit nicht über $\pm$ 1 CbC O hinausgehen.

Der zweite Fehler wird in der ungenauen Bestimmung von J liegen. Da vor jedem Versuche die Birngefässe mit einem bestimmten Volum von Quecksilber und Barytlösung gefüllt werden, so müssen bei dieser Füllung trotz aller Vorsicht Ungenauigkeiten eintreten. Zur Schätzung derselben lege ich die Erfahrungen zu Grunde, die ich bei der Aichung der Gefässe selbst gesammelt. Hiernach betrug der maximale Unterschied ver-

schiedener Ausmessungen 3 CbC. Die durch solche oder auch viel grössere Fehler hervorgerufene Unsicherheit in der O-Bestimmung ist jedoch ohne Weiteres zu vernachlässigen. Denn der Calibrirungsfehler erscheint im Resultat nicht in seiner vollen Grösse, sondern multiplicirt mit dem Unterschied der O-Gehalte der Luft vor und nach dem Versuche. Dieses ergiebt sich aus Folgendem. Gesetzt, es sei der Raum zu J angenommen, er habe aber $J \pm 3$ betragen, so würde die Differenz des wahren und des angenommenen Inhalts sein

angenommen $V = (\alpha - (\alpha \pm \beta) \; J \; + O\gamma$,
wirklich $V' = (\alpha - (\alpha \pm \beta) \, (J \pm 3) + O\gamma$ also $V' - V = \pm 3\beta$.

Da nun β, d. h. der Unterschied im O-Gehalt der Luft vor und nach dem Versuche in der Regel klein ist, so sinkt das Product zu einer Grösse herab, die niemals über die Zehntheile eines CbC hinausgeht.

Aehnliches gilt für eine auf den ersten Blick bedeutendere Gattung von Bedenken. Der Apparat besitzt zwei Stellen, an welchen seine Wand sehr nachgiebig ist, nämlich an der Schnauzenkappe und am Kautschukventil. Sein Hohlraum kann sich also während des Versuchs selbst verändern, und zwar kann dieses entweder auf Kosten der O-Kugel oder des Brustraums geschehen. Gesetzt, es wäre gerade bei Beendigung des Versuchs wegen eines Ueberdrucks in der Wasserflasche Sauerstoff aus der Kugel in den Athemraum geworfen und dieser hierdurch vergrössert worden, so würde unter die Einnahmen dieser aus der Kugel verschwundene O gesetzt worden sein, obwohl er vom Thiere nicht wirklich aufgenommen, sondern in dem Athemraume verblieben wäre. Dieser Sauerstoff hätte aber dann den O-Gehalt des Athemraums vermehrt, und er wäre demnach und zwar mit umgekehrten Vorzeichen, wie früher, in Rechnung gekommen. Also gilt auch für diese Gattung von Fehlern das, was ich soeben über die Aichungsfehler aussagte.

Ausser den erwähnten Uebelständen könnte noch in Betracht kommen die Absorption, beziehungsweise die Abgabe von Sauerstoff durch die Barytlösung, die Aenderung der Dampfspannung und Aehnliches. Die hierdurch erwachsenden Abweichungen kann ich zwar aus Mangel an methodischen Untersuchungen nicht schätzen, aber ich halte sie für zu geringfügig, um ihnen einen messbaren Einfluss auf die Trübung der Resultate zuzuschreiben.

Bisher habe ich auf die Temperatur- und Druckänderungen, welche vor, während und nach dem Versuche eintreten, noch keine Rücksicht genommen. Dieses soll nun geschehen. Am bequemsten und vortheilhaftesten wird es immer sein, wenn man den Versuch gerade in dem Augenblicke schliesst, wo der Druck im Athemraum genau wieder gleich dem atmosphärischen, also auch demjenigen ist, der zu Anfang des Versuchs bestand. Bei der Möglichkeit, durch Umdrehen eines Hahns den Versuch in jedem Augenblicke unterbrechen zu können, lässt sich dieses auch immer ausführen, wenn nach Entleerung der Sauerstoffkugel der Druck um einige Millimeter höher als der atmosphärische ist. Hierfür muss also durch die schon angegebenen Handgriffe Sorge getragen werden, und in der That ist dieses bei weitaus der grössten Zahl meiner Beobachtungen geschehen. Hat man aber diese Vorsicht versäumt, so geschieht es leicht, dass bei Beendigung des Versuchs der Druck im Apparat um einige Millimeter tiefer als bei Beginn desselben steht, wodurch dann vermöge der Beweglichkeit der erwähnten aus Kautschuk bestehenden Wandtheile auch der Inhalt des Apparats um einige CbC kleiner wird. Dieses ist mir im Verlauf meiner Versuche zweimal begegnet. Da man den Druck in bekannter Weise zum Aufsuchen der absoluten Gasmengen in Betracht zieht, so kommt nur die Raumänderung in Betracht, deren unbedeutenden Einfluss ich soeben gewürdigt habe.

Ueber die Temperaturänderung und ihren Einfluss auf das Resultat bemerke ich Folgendes. Den Versuch begann ich bei einer durch den ganzen Apparat gleichmässigen, durch das Thermometer bestimmten Temperatur. Ich glaubte nun während und nach dem Versuche die Temperaturmessung unterlassen zu können, da ich voraussetzte, dass bei der grossen Zahl metallischer Flächen, an welchen die ausgeathmete Luft vorbeistreichen musste, keine merkliche Temperaturänderung eintreten würde, und ich hielt diese Annahme für um so mehr gerechtfertigt, als ich ausserhalb der Schnauzenkappe gar keinen oder nur einen sehr geringen Wasserbeschlag gewahrte. Dennoch bereue ich jetzt, diese Unterstellung gemacht zu haben, da ich mich nach Beendigung meiner Versuche überzeugte, dass in der That durch die Athmung in den Apparat die Wärme ansteigen kann. Als ich später Kaninchen in den Apparat athmen liess, fand sich, dass bei einer bis zu 25 Minuten dauernden

Verbindung des Thieres mit dem Athmungsraum die Wärme desselben um 0,9 bis 1,4° zugenommen hatte. Da bei der ungleichen Dauer meiner Versuche ich nicht im Stande bin, sie im Einzelnen zu corrigiren, so sehe ich mich nachträglich genöthigt, sie sämmtlich als mit dem maximalen Fehler der Temperatur behaftet anzusehen. Geschieht dieses, so entsteht eine Unbestimmtheit des Resultats im Maximalbetrage von 1,7 CbC bei 0° und 1 M. Hg.

Aus der Zusammenzählung ergiebt sich, dass, sorgsame Arbeit vorausgesetzt, die Ungenauigkeit nicht über ± 2 CbC O bei 0° und 1 M. Hg. zu steigen braucht, dass er aber durch ein Versehen von meiner Seite auf ± 3,4 CbC emporgewachsen.

Dieser Fehler ist ein constanter, durch die Eigenschaften des Verfahrens unter allen Umständen gegebener; er wird also das Resultat des Versuchs um so mehr trüben, je geringer die absolute Menge des Sauerstoffs ist, welche von dem Thiere während der Beobachtung verschluckt wurde.

In einigen meiner Versuche, die im Interesse der Methode angestellt wurden, setzte ich die Beobachtung nur so lange fort (4,5 bis 7,0 Minuten), bis das Thier 66 bis 88 CbC O (bei 0° und 1 M. Hg) verzehrt hatte; hier würde also der Fehler 4 bis 5 Proc. der Gesammtmenge betragen haben. — Die Versuche, welche ich zur Bestimmung des Einflusses der Temperaturänderung unternahm, beendete ich dagegen erst dann, wenn die Thiere mindestens 300 CbC O (bei 0° und 1 M. Hg) zu sich genommen hatten. In diesen Fällen ist also der Fehler auf 1 Proc. herabgedrückt, eine Genauigkeit, die, wie ich glaube, nichts zu wünschen übrig lässt.

2) Stickstoff. Seine Bestimmung ruht auf denselben Grundlagen wie die des O. Die zu erreichende procentische Genauigkeit ist jedoch eine geringere; einmal darum, weil durch die Athmung kein oder wenig Sauerstoff entsteht, beziehungsweise verschwindet, und dann weil der Gehalt der atmosphärischen Luft an N 3,78mal grösser ist als der des O. Wie durch den letztern Umstand alle die aufgezählten constanten Fehler des Apparats sich erhöhen, so wachsen durch die geringen Stickstoffunterschiede im Beginn und Ende des Versuchs die procentischen Werthe des Stickstofffehlers so bedeutend, dass ausser einer grossen Sorgfalt auch zahlreiche Versuche zur Erhaltung

sicherer Werthe nöthig sind. Ich habe es desshalb diessmal unterlassen, auf die Variationen der Stickstoffwerthe die Aufmerksamkeit zu lenken.

3) Kohlensäure. Meine Bestimmung führte ich genau nach der Vorschrift von *Pettenkofer* aus; die von ihm bezeichneten Genauigkeitsgrenzen werden also auch für meine Bestimmungen zu beanspruchen sein. Ausser der Titrirung ist aber auch noch Anderes im Auge zu behalten. Selbstverständlich muss die Lösung, welche bis zu Ende des Versuchs anwesend ist, die Absorption der CO_2 rasch und vollständig ermöglichen. Dieser Bedingung gemäss müssen beim Beginn des Versuchs 200 CbC. einer concentrirteren etwa bei 15° C. gesättigten Barytlösung in die Birngefässe gebracht werden. Diese Menge sättigte in der Concentration, die ich ihr gegeben, 425 CbC. CO_2 bei 0° und 1 M. Hg. Da aber das Maximum, welches bei meinen Versuchen die Thiere aushauchten, 290 CbC. bei 0° und 1 M. Hg-Druck betrug, in der Regel aber die CO_2-Erzeugung unter 150 CbC. blieb, so scheint es mir, als sei von dieser Seite her das Ergebniss meiner Beobachtungen vorwurfsfrei gewesen.

Einen andern Punkt, der die CO_2-Bestimmung fehlerhaft machen könnte, betrifft die Frage, ob die Barytlösung durch Condensation von Wasserdämpfen verdünnt werden könnte, die in der Ausathmungsluft enthalten waren. Der Athmungsraum musste durch das Wassergas, welches das Kaninchen ausathmete, für die Temperatur seiner Luft fortwährend mit Wasserdampf gesättigt sein. Es wäre nun denkbar, dass aus diesem Vorrath die Barytlösung auf zweierlei Weise geschöpft hätte. Erstens dadurch, dass sie wasseranziehend wirkte. Um diese Annahme zu prüfen, habe ich eine bei gewöhnlicher Temperatur concentrirte Barytlösung in eine Flasche gebracht, deren Hals auf der inwendigen Fläche mit einigen Wassertropfen benetzt war; diese habe ich verschlossen längere Zeit aufbewahrt. Hätte die Barytlösung das Vermögen, Wasser anzuziehen, so würde zu erwarten gewesen sein, dass die Tröpfchen allmählig verschwunden wären; dieses trat jedoch nicht ein. Sollte also in der That durch die Barytlösung die Tension der Luft für Wasserdämpfe herabgesetzt werden, so könnte dieses nur in so geringem Grade geschehen, dass dieses Vermögen ohne allen Einfluss auf den Respirationsversuch bliebe. Andererseits könnte auch die Barytlösung Wasser aus der höher erwärmten Ausathmungsluft

aufnehmen, mit der sie während der Ventilation in Berührung gekommen ist. Diese Annahme widerlegt sich aber direct aus den Erscheinungen des Versuchs selbst. Hätte sich die Luft auf ihrem Wege aus der Schnauzenkappe bis in das Kugelgefäss noch merklich abgekühlt, so müssten sich die Glasröhren, welche die beiden Stücke verbinden, auf ihrer innern Fläche mit Wasser beschlagen haben, was in der That nicht geschieht. Daraus geht hervor, dass die Luft schon durch die Metallstücke der Kappe genügend abgekühlt wurde, so dass sie bei ihrem Uebergang in die andern Stücke des Apparats kein Wasser mehr abgeben konnte. Aber wenn selbst aller ausgeathmete Wasserdampf in die Barytlösung gedrungen wäre, so würde doch der Fehler kein sehr merklicher sein. Angenommen, die auf 20° mit HO gesättigte Luft sei vom Kaninchen auf 40° erwärmt und mit HO gesättigt worden, angenommen, das Thier habe 80mal in der Minute geathmet und je 5 CbC., also in 20 Minuten 8 Litres Luft ausgestossen, so würde hierdurch doch nur höchstens 0,3 CbC. Wasser in die Barytlösung gekommen sein, wodurch ein proportionaler Fehler von 0,15 Proc. veranlasst wäre.

4) Störungen der Athembewegung. Jeder Widerstand, den die Luft beim Ein- oder Austritt aus der Nase vorfindet, verlangsamt bekanntlich die Athembewegung. Hierdurch könnte dann, wie wir aus guten Gründen anzunehmen berechtigt sind, die Ausscheidung der CO_2 aus dem Blute beeinträchtigt werden. Um den Athmungswiderstand vollkommen wegzuschaffen, ist es nicht allein nöthig, die Ventile zu entfernen, welche früher in ähnlichen Apparaten vorhanden waren, sondern es muss auch die vor der Nase liegende Luft immer genau auf dem Druck der Atmosphäre erhalten werden. Die erstere dieser Bedingungen konnte nach der Einführung eines neuen Ventilationsverfahrens erfüllt werden, die zweite dagegen ist nicht vollständig erreicht worden. Sie würde leicht zu erfüllen gewesen sein, wenn man entweder das ganze Thier in den Athmungsraum aufgenommen hätte, oder wenn man den Inhalt des letztern zu einer Grösse hätte anschwellen lassen, gegen welche das Volum eines Athemzugs verschwindend klein gewesen. Jeder der genannten Auswege würde aber die genaue Auswerthung des verzehrten Sauerstoffs wesentlich erschwert, wenn nicht unmöglich gemacht haben, und darum schien es rathsam, auf andere Wege zu denken. — Das einzige Mittel, was bei einem kleinen, 500 CbC. nicht über-

steigenden Athmungsraum und bei Ausscheidung des Kaninchenleibes sich noch darbot, bestand, wie es scheint, darin, das Volum des Athemraums mit der In- und Exspiration selbst veränderlich zu machen. Diesen Dienst leisten nun in unserm Falle die zwei beweglichen Wandstücke des Apparats, die Kautschukplatte des Sauerstoffregulators und die Schnauzenkappe, zwei Theile, deren Nachgiebigkeit und Ausdehnung gross genug sind, um bei einer Druckänderung, die $\pm$ 1,0 bis $\pm$ 0,5 Mm. nicht übersteigt, das Volum eines Athemzugs aufzunehmen. Die Richtigkeit dieser Behauptung ward durch die Angaben des Manometers, welches in den Athmungsraum eingesetzt ist, bestätigt.

Ein so kleiner Widerstand hindert nun das Thier nicht mehr, in weiten Grenzen seine Brustbewegung dem Athmungsbedürfniss anzupassen. In meinen Versuchen habe ich bemerkt, dass die Athemzahl des Kaninchens durch den Apparat entweder gar nicht oder nur sehr unbedeutend herabgesetzt wird, wenn das Thier in freier Luft überhaupt nicht mehr als 60 Athemzüge in der Minute ausführt. Sowie die Athemzahl auf oder unter diesem Werth bleibt, erhält sie sich unverändert, auch wenn man die Kappe aufsetzt oder die Schnauze mit dem ventilirten Athmungsraum in Verbindung bringt. — Zum weitern Beweis dafür, dass die Thiere innerhalb des Athmungsraums die Brustbewegungen ihrem Luftbedürfniss anpassen können, dient die Erfahrung, dass mit der veränderten Temperatur und andern Umständen die Zahl der Athemzüge rehr rasch und bedeutend wechselt. So habe ich z. B. die Minutenzahl der Athemzüge bei demselben Thiere und in derselben Versuchsreihe von 40 auf 116 steigend und sinkend getroffen. In diesen Fällen wäre bei freier Athmung allerdings eine noch grössere Athemzahl zu erwarten gewesen.

Für meine Annahme, dass die durch den Apparat veranlasste Störung der Athembewegungen das Resultat des Gasaustausches nicht wesentlich ändert, kann ich auch noch zwei Beobachtungen vorführen, in denen ich absichtlich eine Hemmung des Luftstroms und zwar dadurch anbrachte, dass ich die Schnauzenkappe unmittelbar vor der Nase mit einem starken Faden einschnürte.

Der erste Versuch ist an dem Kaninchen I, das auch noch zu andern Beobachtungen diente, angestellt. Der Versuch ergab

Nr. u. Gewicht des Kaninchens	Dauer des Versuchs	Dauer der Pause	Zahl der Athemzüge	In der Minute O in CbC bei 0° u. 1 M. Hg-Druck	In der Minute CO_2 in CbC bei 0° u. 1 M. Hg-Druck	$\frac{CO_2}{O}$	Temperatur im Luftraume	Bemerkungen
I. 1330 Gr. 1.	23′ 4″	—	44—48	12,34	9,07	0,73	20°	
	—	6′ 59″	—	—	—	—	„	
2.	22′ 0″	—	40	13,49	11,36	0,84	„	
	—	6′ 0″	—	—	—	—	„	
3.	18′ 18″	—	44—42	16,62	13,57	0,81	„	
	—	17′ 0″	—	—	—	—	„	
4.	22′ 40″	—	28—33—34	13,18	10,25	0,78	„	Athmungshinderniss.
	—	10′ 20″	—	—	—	—	„	
5.	21′ 9″	—	39—40	14,33	10,36	0,72	„	

In der Beobachtung 4. war also die Zahl der Athemzüge im Mittel auf 31 herabgesunken, während sie in den übrigen Beobachtungen im Mittel 42 betrug; ihr Werth war also 0,74 des ursprünglichen. Das O-Mittel aus allen übrigen Beobachtungen betrug 13,90 und das CO_2-Mittel 11,09. Während des Athmungshindernisses beliefen sich die beiden Werthe dagegen auf 13,18 O und 10,25 CO_2, also verhielten sich die Ausscheidungen bei der Athmungsbemmung wie 0,95 und 0,92 zu denen ohne Hemmung. Trotz dieses auf eine Abnahme des Gasaustausches hindeutenden Verhaltens würde es doch gewagt sein, eine solche Minderung anzunehmen, da in Beobachtung 1. bei 46 Athemzügen Sauerstoff- und CO_2-Austausch geringer war als in 4. mit dem Athmungshinderniss. Die geringeren Zahlen dieses Versuchs liegen also noch ganz in der Breite des Athmungsbedürfnisses für das Kaninchen während jener Zeit.

Der zweite Versuch an einem andern Kaninchen gab nachstehendes Resultat; ich verfehle nicht darauf hinzuweisen, dass die Versuchs-

Nr. u. Gewicht des Kaninchens	Dauer des Versuchs	Dauer der Pause	In der Minute: Zahl der Athemzüge	In der Minute: O in CbC bei 0° u. 1 M. Hg-Druck	In der Minute: CO_2 in CbC bei 0° u. 1 M. Hg-Druck	$\frac{CO_2}{O}$	Temperatur im Luftraume	Bemerkungen
1141 Gr.	6' 7"	—	38	11,47	8,65	0,75	20°	
	7' 25"	—	35	8,64	9,78	1,13	"	
	6' 20"	—	33	14,07	8,41	0,58	"	Athmungshinderniss.
II.	—	40'	—	—	—	—	"	
	6' 55"	—	36	10,53	8,70	0,83	"	
	6' 10"	—	37	11,44	19,10	1,67	"	
	4' 40"	—	28	14,24	8,66	0,61	"	Athmungshinderniss.

dauer hier viel kürzere Zeit, nur 4,5 bis 7 Min. betrug.

Die Athmungszahl war bei diesem Thiere das erstemal im Verhältniss von 1 zu 0,9 und zum zweitenmal im Verhältniss von 1 zu 0,76 vermindert worden. Trotz dieser ungleichen Aenderung war das Resultat des Gasaustausches beidesmal dasselbe, nämlich die CO_2-Ausscheidung war um ein Geringes gemindert, die O-Absorption dagegen beträchtlich gemehrt. Im Hinblick auf ähnliche Ergebnisse der Versuche von *Kowalewsky*, namentlich rücksichtlich des Verhältnisses von $\frac{CO_2}{O}$, könnte man hierin eine Folge der Athmungsstörung sehen, allein an dieser Unterstellung wird man jedoch irre, wenn man bemerkt, dass dem Versuch mit dem niedrigen Werthe des Quotienten CO_2 jedesmal ein anderer vorausgeht, in dem die CO_2-Ausscheidung beträchtlich erhöht war, wobei also der genannte Quotient die Einheit überstieg. Das Verhalten des Gasaustausches während der Athmungshemmung war also möglicherweise gar nicht durch diese letztere bedingt, sondern es fand sich zufällig, dass ein eigenthümlicher Athmungsprocess zu jener Zeit eintrat, der auch ohne die Hemmung stattgefunden hätte. Gesetzt aber, es wäre das abweichende Ergebniss der Respiration dem gestörten Verlauf der Bewegungen zuzuschreiben, so müsste man schliessen, dass

bei längerer Dauer der Athmung der Gasaustausch in umgekehrter Richtung abgewichen sei, da bei dem zuerst erwähnten Versuche, welcher längere Zeit in Anspruch nahm, nichts Aehnliches bemerkt wurde.

Besonders hervorzuheben sind noch zwei Vorsichtsmassregeln, ohne deren Befolgung die Athembewegung allerdings sehr beeinträchtigt wird. Die erste bezieht sich auf die Lagerung des Thieres, beziehungsweise seines Kehlraums. Wenn man dem Kaninchen die Rückenlage ertheilt und den Kopf auf der Unterlage durch Umschnürung der Ohren festbindet, so ereignet es sich häufig, dass der Kehlraum zusammengedrückt und hierdurch die Athmung sehr bedeutend gehemmt wird. Nach geschehener Befestigung des Thieres muss man also, bevor die Schnauzenkappe aufgesetzt wird, jedesmal die Athemzüge zählen. Zeigt sich alsdann, dass sie bedeutend gemindert sind, so muss man durch Unterschieben eines kleinen Kissens unter das Nackengelenk, oder auf irgend welche andere Weise die Compression des Kehlraums wegschaffen. Sowie dieses geschehen, stellt sich der vor dem Aufbinden vorhandene Rhythmus der Bewegung wieder her.

Die zweite Vorsichtsmassregel bezieht sich auf den Zufluss des Sauerstoffs. Wenn das Glasröhrchen, welches aus der Druckflasche hervorgeht, nicht sehr sorgfältig gegen die Kautschukplatte des Regulators eingestellt ist, oder wenn die Wassersäule, welche den Sauerstoff aus der Kugel heraustreibt, zu gross ist, so ereignet es sich leicht, dass mit jeder Einathmung zu viel oder auch zu wenig Sauerstoff in den Athmungsraum hineindringt. Das Bestehen dieses Fehlers war sogleich durch den Stand des Manometers offenbart. Man kann diesem Uebelstand durch Einstellung des Röhrchens oder durch Regulirung des Hahns in der Tubulatur der Wasserflasche leicht abhelfen.

5) Fehler aus der Lagerung des Thieres. Während der Beobachtung liegt das Thier festgebunden in der Rückenlage; es ist wahrscheinlich, dass hierdurch, beziehungsweise durch die Muskelruhe, zu welcher das Thier gezwungen ist, und durch den besondern Grad der Abkühlung, der es ausgesetzt ist, in der Bildung und dem Austausch von Gasen Aenderungen eintreten. Voraussichtlich muss jedoch, nachdem das Thier einige Zeit in der ungewöhnlichen Lage verharrt hat, insofern wieder

ein Gleichgewicht hergestellt werden, als die Bildung und der Verbrauch an Gasen im Innern des Körpers dem Aus- und Eingang derselben durch die Lunge gleich wird. Dieser Ueberlegung entsprechend habe ich die Thiere eine Stunde und länger vor dem Versuch aufgebunden und diesen letztern erst dann begonnen, wenn sich zehn und mehr Minuten hindurch die Zahl der Athmungszüge in der Zeiteinheit gleichblieb.

Die Athmung innerhalb des Blutes.

Zweite Abhandlung.

Von

Alex. Schmidt.

(Mit 4 Abbildungen.)

Seit Jahrzehnten gehen die Meinungen der Physiologen darüber aus einander: ob und wie viel des lose gebundenen Blutsauerstoffes schon innerhalb der Gefässhöhle in feste Verbindungen, einschliesslich die CO_2, übergeführt werde, oder ob er zu diesem Ende erst in die Gewebssäfte übergetreten sein müsste. Beide Annahmen konnten nur Wahrscheinlichkeitsgründe jedoch keine Beweise vorbringen. Die Möglichkeit der Entscheidung stellte sich erst dann ein, als die quantitative Bestimmung der Gase des Blutes die Stufe der Vollkommenheit erreichte, deren sie sich jetzt erfreut. Von dieser Zeit an sind nun auch in der genannten Absicht wiederholt Versuche unternommen worden, aus denen sich herausstellte, dass unter verschiedenen Umständen der an die Blutscheiben gebundene Sauerstoff innerhalb des Blutes theils zur Erzeugung von Kohlensäure benutzt werde, theils auch in andern unbekannten Oxydationsprocessen zur Verwendung kommt, ohne dass sich bei diesem chemischen Vorgang irgend welche andere thierische Gewebsbestandtheile betheiligen. Alle die Fälle von Oxydationen innerhalb des Blutes jedoch, welche bis zum Beginn meiner Untersuchung bekannt waren, unterschieden sich von den Vorgängen, in denen der Sauerstoff während des Lebens verbraucht wird, in auffallender Weise durch die geringe Geschwindigkeit, mit welcher sie abliefen. Dieser eine Umstand genügte, um die ganze Reihe von Oxydationsprocessen, welche in dem aus den Gefässen genommenen Blute beobachtet wurden, für verschieden von denjenigen Vorgängen zu erklären, welche während des Lebens den Sauerstoffverbrauch bedingen. Demnach hätte es scheinen können, als ob im Verlaufe des Lebens die ver-

brennlichen Stoffe des Blutes innerhalb der Gefässe selbst entweder gar keiner Oxydation oder dieser nur in so geringem Maasse unterliegen, dass die Verbrennung im Blute verschwindend sei gegen diejenige, welche mit Hülfe anderer Gewebsbestandtheile vor sich gehe. Eine genauere Ueberlegung liess jedoch erkennen, dass in den bisherigen Versuchen die Reihe der Möglichkeiten noch lange nicht erschöpft sei. Auf eine von der letzteren, welche bisher übersehen worden, hat vor Kurzem *Pflüger* aufmerksam gemacht[1]). Er zeigte, dass das arterielle Blut, welches fast momentan nach seiner Entfernung aus dem Gefäss entgast wird, durchweg mehr Sauerstoff abgab, als dasjenige, welches erst einige Zeit nach seiner Entfernung aus dem thierischen Körper von seinen Gasen befreit wurde. Nach dieser wichtigen Beobachtung läuft also mit grosser Geschwindigkeit in dem arteriellen Blut ein Oxydationsprocess ab, durch welchen unabhängig von andern physiologischen Beihülfen ein Theil des Blutsauerstoffs in eine feste Verbindung übergeführt wird. — Längere Zeit bevor diese Mittheilung bekannt wurde hatte mich Prof. *Ludwig* auf einen andern Versuch hingewiesen, durch welchen festgestellt werden konnte, ob das Blut Bestandtheile enthielt, die einer raschen Verbrennung durch den in ihm enthaltenen Sauerstoff auch ausserhalb des Körpers unterworfen sind.

Dieser neue Weg, den ich in einer ausgedehnten Versuchsreihe betreten habe, bestand darin, ein Thier zu ersticken und ihm dann, wenn sein Blut voraussichtlich sauerstofffrei geworden, sein Herz aber noch im Schlagen begriffen war, zwei zu einer Doppelanalyse hinreichende Blutmengen zu entziehen, welche durchaus gleiche Zusammensetzung besassen. Zu der einen dieser Blutmengen sollte dann eine bekannte Menge von Sauerstoff zugesetzt werden, die klein genug war, um vollständig in das Blut überzutreten. Hierauf sollte beiden Blutproben das Gas entzogen und das letztere analysirt werden. Man sieht, dass diesem Versuch die Vorstellung zu Grunde liegt es könnte im Erstickungsblute eine Anhäufung aus den Geweben und Organen stammender oder im Blute selbst entstehender verbrennlicher Stoffe stattfinden, welche unter normalen Verhältnissen durch den überschüssig vorhandenen Sauerstoff vielleicht schon

---

1) Centralblatt der mediz. Wissenschaften 1867. No. 46.

innerhalb der Capillaren vollkommen verbrannt werden und daher dem Nachweis sich entziehen.

Einen Theil dieser Beobachtungen habe ich in No. 23 des Centralblattes für die medizinischen Wissenschaften, Jahrgang 1867 veröffentlicht. Ich erwähne dieses, um ein Missverständniss zu beseitigen, zu welchem *Pflüger* durch die Kürze der genannten Mittheilung veranlasst worden ist. Die 10—15 % Sauerstoff, von welchen ich am angeführten Orte spreche, bezieht *Pflüger*, ohne dass indess durch den Wortlaut meiner Mittheilung dazu Ursache gegeben ist, auf den normalen Sauerstoffgehalt des arteriellen Blutes; sie stellen aber die Menge von Sauerstoff dar, welche ich künstlich dem Erstickungsblute zugesetzt. Hiemit erledigen sich denn auch die Befürchtungen, welche in Hinsicht auf die von mir benutzte Methode der Gasgewinnung nach den Bemerkungen *Pflüger's* sich einstellen konnten. Es ergiebt sich vielmehr, dass die von mir in der nachfolgenden Versuchsreihe für den Sauerstoffgehalt des Arterienblutes gefundene mittlere Zahl innerhalb der Mittelwerthe *Pflüger's* liegt. Sein höchster Mittelwerth beträgt 16,9 %, sein niedrigster 15,3 %; der meine beträgt 16,4 %. Wenn man bedenkt, dass ich meine Sauerstoffbestimmungen an einem Blute ausgeführt, das einem durch seine Grösse tödtlichen Aderlass entnommen war, so wird man unter Berücksichtigung der Erfolge, welche die Farbenprüfung erzielte, den kleinen Unterschied zwischen *Pflüger's* maximalem Mittelwerthe und dem meinigen weniger auf Abweichungen der von mir benutzten Methoden als auf solche des von uns angewendeten Blutes schieben. Die Berechtigung hierfür wird *Pflüger* um so mehr anerkennen, als in seinen eignen Versuchen, aus welchen er seine Maximalmittel ableitete, Unterschiede von 4,85 % vorkommen, die nur von dem analysirten Blute abhängen.

Nach dieser kurzen Einleitung gehe ich zur Beschreibung meiner Versuche über.

Den Apparat, dessen ich mich zur Gewinnung zweier identischer Blutportionen bediente, habe ich bereits in meiner früheren Arbeit[1]) beschrieben. Er wich nur insofern von dem damals benutzten ab, als nicht eine breite und eine schmale, sondern zwei schmale Röhren zu einer einzigen Doppelröhre

1) Diese Berichte, pag. 31 ff.

mit gemeinschaftlicher oberer Zu- und unterer Abflussöffnung verbunden waren. Der obere Theil der einen dieser beiden Röhren war bis zu einer Marke kalibrirt; sie war zugleich etwas kürzer als die andre, so dass, wenn ihr oberes Ende mit dem der letzteren in gleicher Höhe stand, zwischen ihr unteres Ende und die entsprechende Zinke der unteren Gabel ein kurzes T-förmiges Glasröhrchen eingeschoben werden konnte. An das seitliche Ansatzrohr des letzteren wurde vor dem Auffangen des Blutes eine kleine, etwa 10 Cen. fassende Absorptionsröhre, welche den früher abgemessenen Sauerstoff enthielt, mittelst des an ihrer Mündung angebrachten und durch eine Schraubenklemme geschlossenen Kautschukschlauches befestigt.

Nach Anfüllung aller übrigen Theile des Apparates mit Quecksilber wurde bei dem in passender Lage befestigten Thiere die zum Versuch bestimmte Vene sowie die Trachea blosgelegt und in die erstere eine Canüle, an welche sich eine etwa 2 Fuss lange Glasröhre schloss, eingebunden; dann wurde die Trachea durch eine Schraubenklemme geschlossen, der Moment, in welchem der Aderlass beginnen sollte, abgewartet und nun dem Blute, welches die in der Zuleitungsröhre befindliche Luft selbst verdrängte, mittelst dieser Röhre der Zugang zum Apparat eröffnet. Sobald das durch die absinkenden Quecksilbersäulen in gleichmässiger Vertheilung erhaltene Blut die Marke an der einen Röhre erreicht hatte, wurde der Strom unterbrochen und dann die an beiden Enden der Röhren befindlichen Klemmen geschlossen; die zwischen dem T-rohr und der entsprechenden Blutröhre blieb dagegen geöffnet. Jetzt wurde das den Sauerstoff enthaltende Röhrchen nach unten gesenkt und die dessen Mündung verschliessende Klemme geöffnet; der Sauerstoff, durch Quecksilber verdrängt, stieg empor zum Blute, die über dem T-rohr angebrachte Klemme würde nun auch geschlossen, beide Blutröhren von einander getrennt und das Blut durch Schütteln mit dem in ihnen zurückgebliebenen Quecksilber defibrinirt. Gleichzeitig fand nun auch die Absorption des Sauerstoffes Statt.

Da ein etwa in der Röhre zurückbleibender Sauerstoffrest sich nicht mehr gut messen liess und dadurch ein nicht zu beseitigender Fehler in die Rechnung hätte eingeführt werden müssen, so war es vor Allem geboten eine vollständige Absorption des Gases zu bewirken; dieses erreichte ich dadurch, dass

ich stets weniger Sauerstoff dem Blute zuführte als dasselbe vermöge seiner Absorptionsfähigkeit für dieses Gas aufzunehmen vermochte. Ferner will ich nicht unerwähnt lassen, dass der aus chlorsaurem Kali gewonnene Sauerstoff vor jedem Versuch in Beziehung auf seine Reinheit durch Verpuffen mit Wasserstoff geprüft wurde. Enthielt er messbare Mengen von Stickstoff, so wurden dieselben von dem dem Blute zugeführten Sauerstoffvolum in Abrechnung gebracht.

Der Zeitpunkt, mit dem man das Auffangen des Blutes zu beginnen hat, wird nicht immer gleich weit entfernt vom Moment des Zuklemmens der Trachea liegen dürfen. Wird ein grösseres, aus einer blutreichen Partie des thierischen Körpers kommendes Blutgefäss zum Aderlass benutzt, so kann man mit diesem letzteren so lange warten, bis die reflektorische Reizbarkeit der Cornea erloschen ist. Zu dieser Zeit kann man sicher sein, dass aus dem Blute aller Sauerstoff verschwunden ist. — Will man dagegen das Blut aus einem kleineren Gefäss gewinnen, z. B. aus der Vene, die ihren Inhalt aus den Muskeln des Oberschenkels bezieht, so ist man gezwungen, den Aderlass alsbald zu beginnen, nachdem die Erstickungskrämpfe beendet sind und das während derselben pulslose Herz seine Schläge wieder begonnen hat. Die Wahl dieses früheren Zeitpunktes bringt es allerdings mit sich, dass die Sicherheit ein vollkommen sauerstofffreies Blut zu erhalten eine geringere ist, aber man erreicht es nur auf diese Weise, dass die zu zwei Analysen nöthige Blutmenge gewonnen wird, bevor noch eine Gerinnung der zuerst in die Röhre eingeleiteten Blutmengen eingetreten ist. Zur Unterstützung des langsamen Venenstromes hilft in diesen Fällen auch die pausenweise angewendete Reizung des Muskels nicht mehr, weil in den späteren Stadien der Erstickung der Muskel sehr bald aufhört auch auf die stärksten Induktionsströme zu reagiren.

Die Handgriffe, welche zum Einbinden des Ueberfüllungsrohres in die Blutgefässe nöthig sind, gestalten sich je nach der Lage des letzteren wie selbstverständlich verschieden. Da sie für die leichter zugänglichen Gefässe eben so einfach als bekannt sind, so wird es genügen, wenn ich nur diejenigen erwähne, deren ich mich beim Auffangen des Blutes aus den Oberschenkelmuskeln und aus der Leber bediente.

Das Venenblut aus den Oberschenkelmuskeln gewann ich

dadurch, dass ich die Ven. Cruralis unmittelbar vor ihrem Eintritt in die Unterleibshöhle isolirte und darauf Ligaturen um alle die Aeste legte, welche das Blut aus der Haut in die Schenkelvene überführten, also namentlich um den Stamm der Vena Crural. gleich unterhalb der Ven. profunda und ebenso um die Ven. epigastrica inf. und pudenda externa. Da die Venen in der Schenkelbeuge straff angespannt sind, und sehr nahe an einander liegen, so vermeidet man Blutungen mit Sicherheit nur dann, wenn man mit einer stumpfen gebogenen Sonde die Trennung der Venen vornimmt. — Sind die eben genannten Unterbindungen ausgeführt, so werden nun auch Schlingen um das obere Ende der Vena Cruralis, und eben solche um sämmtliche Muskelvenen gelegt, und diese mit einer Schleife geschlossen; dann wird die Canüle in den Stamm der Schenkelvene eingebunden und nach Lösung der Schlinge das Auffangen des Blutes begonnen.

Das Lebervenenblut wurde durch einen Doppelkatheter aufgefangen, der mit dem bekannten Instrument von *Cl. Bernard* grosse Aehnlichkeit hatte. Die Katheterisirung erfolgte von der unteren Hohlvene aus. Der Katheter bestand aus zwei in einander liegenden, an beiden Enden offnen Metallröhren, von welchen die äussere, 300 mm. lange an dem einen Ende einen Kautschukschlauch trug, welcher auf die innere, 370 mm. lange Röhre luftdicht aufgebunden werden konnte; nahe diesem Ende zweigte sich von der äusseren Röhre ein kurzes mit Kautschukschlauch und Klemme versehenes Seitenrohr ab, durch welches ihre Höhlung mit dem Blutrecipienten in Communication gesetzt werden konnte. An dem entsprechenden Ende der inneren Röhre befand sich gleichfalls ein mit einer Klemme versehener Kautschukschlauch, auf das entgegengesetzte Ende war eine feine luftdicht schliessende Blase aufgebunden. Vor der Einführung des Katheters wird nur der Schlauch am Seitenrohr geschlossen.

Die Bauchmuskeln wurden durch einen in der rechten regio lumbalis nahe beim Rückgrat und parallel demselben geführten Schnitt durchtrennt und von hier aus mit Schonung des Bauchfelles bis zur unteren Hohlvene vorgedrungen. Die Lumbalarterien wurden während der Operation unterbunden. Der Katheter, dessen innere Röhre so weit zurückgezogen wurde, dass die collabirte Blase sich innerhalb der äusseren befand,

wurde nun, nach Unterbindung der Hohlvene oberhalb der Nierenvenen, so weit in dieselbe eingeschoben, bis nach Augenmaass angenommen werden konnte, dass derselbe die Einmündungsstellen der Lebervenen erreicht hatte, dann wurde die innere Röhre allein bis in's Herz fortgeschoben, die auf dem Kautschukschlauch der äusseren Röhre bereit liegende Schlinge zugezogen, die Blase durch kräftiges Lufteinblasen ausgedehnt, der Schlauch am Ende dieser Röhre während des Lufteinblasens zugeklemmt und die Klemme des Seitenrohres geöffnet. Erst wenn das Blut aus dem letzteren hervortrat und somit die Luft in der äusseren Röhre des Katheters ganz verdrängt war, wurde die Verbindung desselben mit dem Blutsammelapparate hergestellt, dessen Füllung schnell und ohne Schwierigkeiten von Statten ging.

Einige Augenblicke nach beendetem Blutauffangen starb das Thier. Wie die unmittelbar nach dem Tode gemachte Sektion ergab war die Absperrung des Herzens jedes Mal vollkommen gelungen; der rechte Vorhof war durch die gespannte Blase mächtig ausgedehnt worden und lag der letzteren überall dicht an. Von einer Verunreinigung des Lebervenenblutes durch rückströmendes Körperblut konnte also nicht die Rede sein. —

Häufig, jedoch nicht jedes Mal, kam es vor, dass das arteriell gemachte Blut sehr bald, oft noch während des Schüttelns mit Sauerstoff wieder merklich dunkler wurde. — Nachdem der zugesetzte O vollkommen absorbirt worden, wozu meist ein 5 Minuten langes Schütteln hinreichte, wurde das Blut auf 5—8 Minuten in Wasser von 36—38° gestellt, dann in den zur Luftpumpe gehörenden Recipienten übergefüllt und entgast. Während dess befand sich das unveränderte Erstickungsblut in Eiswasser. Alle das arterialisirte Blut betreffenden Manipulationen konnten so rasch ausgeführt werden, dass dasselbe höchstens 20—30 Minuten nach seiner Entfernung aus dem Körper sich bereits im luftleeren Raume befand.

Die Sauerstoffbestimmung geschah stets durch Verpuffen mit Wasserstoff. Die Bestimmung der geringen Sauerstoffmengen, die das ursprüngliche Erstickungsblut häufig noch enthielt, war nur möglich unter Zusatz einer gemessenen Menge atmosphärischer Luft. —

Auf diese Weise habe ich bei zehn verschiedenen Hunden Erstickungsblut aufgefangen. In zwei Fällen habe ich dasselbe

aus Venen gewonnen, die ihren Zufluss aus der Haut und den Muskeln empfingen, in vier anderen aus der Carotis (wovon ein Mal bei Reizung der plexus brachiales und ischiadici), in noch zwei anderen aus der Lebervene, und zwar ein Mal ohne, das andre Mal mit Unterbindung der Leberarterie, und endlich in zwei Fällen aus einer Vene, deren Wurzeln innerhalb der Oberschenkelmuskeln gelegen sind. — In der nachstehenden Uebersicht der Resultate aus den genannten Beobachtungen bedeuten die Zahlen den Gasgehalt in 100 Theilen des Blutvolums. Die Maasse der Gase sind auf 0° und 1 M. Hg. berechnet. Die unter dem Tabellenkopf »Bemerkungen« enthaltenen Angaben bitte ich nicht unberücksichtigt zu lassen.

Nr. des Versuches	Name des Gefässes	Zusatz	Zusammensetzung der gewonnenen Gase in 100 Theilen Blut	Verschwundener O	Gewonnene CO_2	Bemerkungen
I.	Venen aus den ruhenden Muskeln des Oberschenkels und aus der Bauchhaut.	Ohne	CO_2 34,91 O 0,81 N 1,47	1,34	1,40	Der Sauerstoff vor dem Defibriniren des Blutes zugesetzt.
		11,71 % O	CO_2 36,31 O 11,18 N 1,69			
II.	Venen aus den ruhenden Muskeln des Oberschenkels und aus der Bauchhaut.	Ohne	CO_2 37,14 O, N 1,70	1,25*)	?	Sauerstoffzusatz vor d. Defibriniren. *) Unter der Voraussetzung berechnet, dass das Blut ursprünglich frei von O gewesen. Ist diese Annahme unrichtig, so ist der Sauerstoffverlust zu klein angenommen.
		10,87 % O	CO_2 ? O 9,62 N 1,47			
III.	Venen aus der Bauchhaut und aus den Muskeln des Oberschenkels.	Ohne	CO_2 38,54 O 2,71 N 0,76	2,37	2,42	Sauerstoffzusatz vor d. Defibriniren. Die Muskeln vor und während des Blutauffangens gereizt, so dass nachweislich mehr als die Hälfte des aufgesammelten Blutes aus den Muskelvenen kam.
		14,88 % O	CO_2 40,96 O 12,51 N 1,50			

Nr. des Versuches	Name des Gefässes	Zusatz	Zusammensetzung der gewonnenen Gase in 100 Theilen Blut	Verschwundener O	Gewonnene CO_2	Bemerkungen
IV.	Venen aus den Muskeln des Oberschenkels.	Ohne	CO_2 38,64; O 0,20; N 0,67	3,32	1,23	Sauerstoffzusatz vor d. Defibriniren. Die Muskeln vor und während des Auffangens gereizt.
		13,18 % O	CO_2 39,87; O 10,06; N 0,89			
V.	Carotis	Ohne	CO_2 33,38; O 0,00; N 1,26	2,44	2,28	Sauerstoffzusatz vor d. Defibriniren. Das kräftige Thier verfiel in sehr heftige Athemkrämpfe. Nach Beendigung derselben wurden die plexus ischiadici und brachiales mit kleinen Pausen gereizt.
		12,18 % O	CO_2 35,66; O 9,74; N 1,21			
VI.	Carotis	11,24 % O	CO_2 33,61; O 9,53; N 0,94	1,71*)		Sauerstoffzusatz nach dem Defibriniren. *) Der Sauerstoffverlust nur aus dem zugesetzten O berechnet, da eine Analyse des ursprünglichen Erstickungsblutes fehlt.
VII.	Carotis	Ohne	CO_2 42,81; O 0,81; N 1,28	1,65	2,19	
		14,00 % O	CO_2 45,00; O 13,16; N 1,39			
VIII.	Carotis	Ohne	CO_2 43,90; O 0,00; N 1,86	1,29	0,75	
		15,36 % O	CO_2 44,65; O 14,07; N 1,26			

Nr. des Versuches	Name des Gefässes	Zusatz	Zusammensetzung der gewonnenen Gase in 100 Theilen Blut		Verschwundener O	Gewonnene CO_2	Bemerkungen
IX.	Lebervene des sterbenden Thieres.	Ohne	CO_2	37,71	0,60	0,98	
			O	2,98			
			N	1,42			
		11,28 % O	CO_2	38,69			
			O	13,66			
			N	1,29			
X.	Lebervene des sterbenden Thieres nach Unterbindung der Leberarterie.	Ohne	CO_2	23,03	0,03	0,21	
			O	1,94			
			N	0,90			
		12,71 % O	CO_2	23,24			
			O	14,62			
			N	0,83			

Aus den vorstehenden Zahlen geht hervor:

1) dass das Erstickungsblut in allen Fällen einen Stoff enthält, welcher in kürzester Zeit einen Theil des dem Blute zugesetzten Sauerstoffes bindet, gleichgiltig ob das Blut vor diesem Zusatz schon geronnen war oder nicht. Das Blut aus der Leber des nicht erstickten Thieres enthielt diesen Stoff in verhältnissmässig geringer Menge, nach Unterbindung der Leberarterie dagegen auffallender Weise gar nicht.

Der Vorgang, durch welchen der dem Erstickungsblute zugesetzte Sauerstoff verschwindet, ist offenbar ein andrer als derjenige, welchen man bei früheren Versuchen im sauerstoffhaltigen Blute ausserhalb des Körpers beobachtete. Im Erstickungsblute wurde ein Theil des locker gebundenen Sauerstoffes unmittelbar nach seinem Zusatz in feste Verbindungen übergeführt, ein Ausspruch, für welchen das rasche Nachdunkeln des mit Sauerstoff geschüttelten hellrothen Blutes eintritt. Der Rest des locker gebundenen Sauerstoffes, welcher nach dieser plötzlichen Oxydation noch übrig ist, bleibt dagegen unverändert zurück. Im gewöhnlichen Blute dagegen findet zwar auch, namentlich wenn es bei normaler Körperwärme aufbewahrt wird, eine Umwandlung des lose- in festgebundenen Sauerstoff statt, aber dieser Process schreitet von seinem Beginn bis zu seinem Ende ganz allmälig und gleichmässig vorwärts, so dass in der Regel erst nach mehrstündigem Aufenthalt in einer Temperatur von 38° bis 40° C. so viel des verdunstbaren Sauer-

stoffs fest gebunden ist, als dieses nach wenigen Minuten schon im Erstickungsblute geschah.

2) Ein Theil des zum Erstickungsblute gesetzten Sauerstoffs verschwindet auch dann, wenn das erstere ursprünglich noch eine kleine Menge von locker gebundenem Sauerstoff enthielt und dieselbe ausserhalb des Körpers bei mehrstündigem Aufenthalt in Eiswasser sich bewahrte. Da das Blut des erstickten Thieres, vorausgesetzt, dass das Auffangen desselben in einem späteren Termin stattfindet, immer sauerstofffrei gefunden wird, so geht zunächst aus der letzterwähnten Beobachtung hervor, dass die Atomgruppen, welche im Erstickungsblute den Sauerstoff zu verzehren vermögen, in dieser Beziehung weniger energisch wirken als ein andrer uns noch unbekannter Umstand innerhalb des Blutstromes.

Was der ursprünglich im Erstickungsblut vorhandene Sauerstoffrest nicht zu vollführen vermochte, gelang dem neuhinzugesetzten. Dieses eigenthümliche Verhalten des künstlich hinzugebrachten im Gegensatz zum ursprünglichen Sauerstoff könnte man erklären wollen entweder durch eine Massenwirkung, oder durch die Annahme, dass nicht alle Massen des verdunstbaren Sauerstoffes mit denselben Affinitäten gefesselt sind, oder endlich könnte man sich vorstellen, dass der Sauerstoff vor seinem Uebergange in die Blutscheiben die in der Blutflüssigkeit aufgelösten Stoffe leichter ergreift als nachdem er zu den Körperchen getreten. Von diesen Erklärungen scheint die letzte unvereinbar mit dem Nachdunkeln des Blutes, nachdem es durch Sauerstoffzusatz zuerst hellroth geworden war. Gegen die Massenwirkung spricht eine später zu erwähnende Thatsache. Also bliebe als Erklärungsgrund nur die ungleiche Affinitätsgrösse übrig, mit welcher die verschiedenen Portionen des verdunstbaren Sauerstoffes im Blute gebunden sind.

Die eben angestellte Betrachtung würde sich als unnütz erweisen, wenn ein Verdacht, auf den man leicht verfallen könnte, sich bestätigte. Das reine Erstickungsblut wurde nach dem Aderlass sogleich in Eiswasser gestellt, das mit Sauerstoff versetzte dagegen einige Minuten hindurch noch auf der Temperatur des Körpers erhalten. Man könnte nun den Unterschied im Verhalten des Sauerstoffes der beiden Blutsorten in der Einwirkung der ungleichen Temperaturen suchen. Diesen Verdacht beseitigt jedoch ein später mitzutheilender Versuch, in welchem

der Unterschied im Verhalten des zugesetzten und des ursprünglichen Sauerstoffes gerade so wie sonst hervortrat, trotzdem dass in beiden Fällen das abgelassene Blut in Eiswasser gebracht worden war.

Ordnet man, wie es in der nachstehenden Tabelle geschehen ist, das Volum des aus 100 Theilen Blut verschwundenen Sauerstoffes seiner absoluten Grösse nach und vergleicht man diese Reihe mit der Menge des ursprünglich im Erstickungsblut vorhandenen oder mit der Menge des zugesetzten Sauerstoffes, so ergiebt sich auch nicht die geringste Beziehung zwischen diesen drei Grössen.

Sauerstoff.

Nr. des Versuches	Verschwunden	Im Erstickungsblut enthalten	Zugesetzt	Nr. des Versuches	Verschwunden	Im Erstickungsblut enthalten	Zugesetzt
4	3,32	0,20	13,18	1	1,34	0,84	11,71
5	2,44	0,00	12,18	8	1,29	0,00	15,86
3	2,37	2,71	14,88	2	1,25	0,00 ?	10,87
6	1,71	?	11,24	9	0,60	2,98	11,28
7	1,65	0,81	14,00	10	0,00	1,94	12,76

Da keine Beziehung zwischen den verschwundenen und den zugesetzten O's Mengen besteht, so gewährt es keinen Vortheil, die Menge des verschwundenen in seinem procentischen Verhältnisse zum zugesetzten zu berechnen. Nimmt man dagegen an, dass alle zur Analyse verwendete Blutarten die gleiche Sättigungscapacität für den O gehabt haben, z. B. die von 18 Theilen der Volumeinheit, so würden in den vorliegenden Versuchen mit Erstickungsblut zwischen 18.4 und 7.0 Procenten des Maximums der vom Blute fassbaren O-menge verschwunden sein.

3) Statt des verschwundenen O's erscheint jedesmal ein Zuwachs an Kohlensäure. Das Verhältniss zwischen dem in feste Verbindungen übergetretenen Sauerstoff und der erschienenen Kohlensäure ist jedoch durchaus wechselnd, wie die nachstehende Tabelle zeigt, in welcher die Zahlen nach den Werthen des Quotienten $\frac{CO_2}{O}$ geordnet sind.

Nr. des Versuches	Verschwunden O	Neugebildet CO_2	$\frac{CO_2}{O}$
9	0,60	0,98	1,63
7	1,65	2,19	1,33
1	1,34	1,40	1,04
3	2,37	2,42	1,02
5	2,44	2,28	0,93
8	1,29	0,75	0,58
4	3,32	1,23	0,37

Die Unbeständigkeit des Verhältnisses von $\frac{CO_2}{O}$ lässt schliessen, dass die Einbusse an locker gebundenem O nicht etwa dadurch zu Stande kommt, dass er jedesmal zur Oxydation einer ganz bestimmten Atomgruppe verwendet wird. Dieses hat nichts Auffallendes, bei der Vielfältigkeit der oxydablen Atome im thierischen Körper. Bemerkenswerther ist es, dass der Werth des Quotienten die Einheit so beträchtlich übersteigen kann; eine Thatsache, welche darauf hinzuweisen scheint, dass durch den Eintritt des locker gebundenen O's in feste Verbindungen auch noch Zerlegungen anderer Molecüle bewirkt werden können, wobei mit Hülfe des in ihnen enthaltenen O's Kohlensäure frei gemacht wird.

Die bisher vorgelegten Thatsachen dürften es ausser Zweifel stellen, dass die alte schon von *Lavoisier* vertretene Annahme, wonach der O im Lungenblute eine unmittelbare Verbrennung einleitet, wenigstens bis zu einer gewissen Grenze ihre volle Berechtigung hat. Dass die Verbrennung bereits in den Lungen selbst stattfände, würde wohl nur in dem Falle zuzugeben sein, dass in dieselben ein an Sauerstoff sehr armes Blut einströmt, allein es können offenbar in der ganzen Blutbahn und namentlich in den Capillaren Oxydationsprocesse ablaufen, bei welchen in ähnlicher Weise, wie in meinen Versuchen mit Erstickungsblut, wenigstens ein Theil des Blutsauerstoffes im Blute selbst verbraucht wird. Es ist übrigens leicht einzusehen, dass der von mir beobachtete, verhältnissmässig geringe Sauerstoffverbrauch in dem aus dem Körper genommenen Erstickungsblute keineswegs der Annahme in grösserem Maassstabe ablaufender Oxydationen im kreisenden Blute Schwierigkeiten in den Weg legt; denken wir uns nämlich die sauerstoffverzehrenden Substanzen diffundirten aus den Geweben in das Blut, so erscheint

es als möglich, dass durch die Gegenwart des Sauerstoffes selbst, indem er diese Substanzen sofort zerstört, der Strom derselben aus den Geweben in das Blut im Gange erhalten und der Eintritt des diffusiven Gleichgewichtes behindert wird, und dass andererseits bei Unterbrechung der Sauerstoffzufuhr jener Strom sehr bald nach Verbrauch der letzten Sauerstoffatome in's Stocken gerathen muss. Der Gehalt des Erstickungsblutes an leicht oxydirbaren Stoffen wäre dann gering, verglichen mit derjenigen Menge derselben, welche während der Erstickung im Blute verbrannt wurde. Aber auch in andrer Weise lässt sich die Thatsache, dass im Erstickungsblute sich nur geringe Mengen verbrennlicher Stoffe vorfinden, als Folge eben des Sauerstoffmangels deuten. Sollte nämlich die Erzeugung jener Stoffe in den Geweben unmittelbar abhängig sein von der Zufuhr gewisser, wenn auch kleiner Sauerstoffmengen aus dem Blute, so wird beim Aufhören dieser Zufuhr sehr bald die Diffusion derselben stillstehen, weil ihre Erzeugung aufhört. —

Ausser diesen Folgerungen knüpfen sich an meine Erfahrungen noch zahlreiche andre Fragen über das Wo, Woraus, Wann und Wieviel des verbrennlichen Stoffes gebildet werden möchte. Die geringe Quantität, in welcher derselbe vorkommt, giebt uns, besonders bei einem so schwierig zu handhabenden Gemenge wie das Blut, wenig Hoffnung, diese Fragen geradeaus zu lösen. Wir sind deshalb auf einen indirecten und dazu noch beschränkten Weg angewiesen, auf den nämlich, aus den Veränderungen im Gasgehalt des Blutes auf die chemische Umwandlung seiner flüssigen Stoffe zurückzuschliessen.

Die erste Variation, die dieses Verfahren erlaubt, besteht darin, zu ermitteln, ob das Blut, welches aus verschiedenen Organen oder aus demselben Organ bei verschiedenen Zuständen desselben hervorkommt, ungleiche Mengen des locker gebundenen Sauerstoffs verbraucht. Nach dieser Richtung hin gewährt die mitgetheilte Versuchsreihe einige Anhaltspunkte, da das Erstickungsblut an verschiedenen Oertlichkeiten aufgefangen wurde.

Wenn man, wie ich dies in der nachstehenden Zahlenreihe gethan, die Blutarten nach der O's Quantität ordnet, welche si in eine feste Verbindung überführen konnten, und zugleich den Ort einträgt, woher sie stammen, so ergiebt sich

Nr. des Versuches	Verschwunden O	$\frac{CO}{O}$	Blutart
4	3,32	0,37	gereizter Muskel.
5	2,44	0,98	do. do.
3	2,37	1,02	Haut, gereizter Muskel.
6	1,71	——	Herzblut.
7	1,65	1,33	do.
1	1,34	1,04	Haut und Muskel.
8	1,29	0,58	Herzblut.
2	1,25	——	Haut und Muskel.
9	0,60	1,63	Lebervene bei offener Leberarterie.
10	0,00	——	Lebervene bei unterbundener Leberarterie.

Unverkennbar weisen die Zahlen nach, dass das Blut, welches den gereizten Muskeln entströmte, bedeutend mehr von den oxydablen Stoffen enthält, als das Herzblut oder dasjenige, welches aus den ruhenden Muskeln und der Haut geflossen war; am wenigsten aber enthielt das Blut aus der Leber bez. das aus den Darmgefässen hervorgegangene. Da in dem 9. Versuch die Leberarterie offengeblieben war, und in diesem Falle kein Erstickungs-, sondern gewöhnliches Venenblut aufgefangen wurde mit einem Gehalt von 3 % O, so kann sich sein geringer Gehalt an oxydablen Stoffen aus diesen Umständen ableiten lassen. Alle diese Gründe können jedoch nicht mehr zur Erklärung des Erfolgs im 10. Versuch herbeigezogen werden; denn in diesem war vor der Catheterisirung der Vene die Leberarterie unterbunden gewesen, und dem entsprechend enthielt das Venenblut noch nicht ganz 2 % O's. Trotzdem verzehrte dieses Blut gar keinen Sauerstoff. Bis auf Weiteres muss demnach der Gegensatz zwischen dem Blute des gereizten Muskels und dem der Leber aufrecht erhalten werden.

Zur endgiltigen Entscheidung der Frage Wo und zu welcher Zeit die grösste Menge des leichtverbrennlichen Stoffes entstehe, sind jedoch schwerlich die Versuche an dem ganzen Thiere verwendbar, da sich bei ihm durch den Kreislauf die Blutmasse von allen Orten her mischt. Ich hielt es deshalb für gerathener, mich zu Versuchen mit künstlicher Durchströmung möglichst rasch aus den getödteten Thieren herausgenommener Organe zu wenden. Derartige Versuche, mit Sorgfalt angestellt, versprachen zudem noch anderweite Aufschlüsse über den Verbrauch von O und die Bildung der CO_2. Den Einwurf, dass

man durch solche Versuche weniger die Erscheinungen des Lebens der Thiere als die der beginnenden Fäulniss ermittelt, hielt ich nicht für beachtenswerth, weil es fest steht, dass die Blutgefässe, die Zellen, die Muskeln längere Zeit nach ihrer Entfernung aus dem thierischen Körper lebensthätig bleiben, wenn sie mit frischem Blut umspült sind.

Zum ersten Versuch nach dem ebengenannten Princip wählte ich mir die Niere aus. Dieses Organ hat den Vorzug, dass sich der Blutstrom durch dasselbe sehr leicht regeln lässt. Daneben ist seine Anwendung jedoch mit dem Nachtheil verknüpft, dass man kein bestimmtes Kennzeichen für das Fortbestehen seines Lebens besitzt. Harnabsonderung tritt auch bei einem sehr sorgfältig geregelten künstlichen Blutstrom nicht ein. Vielleicht könnte man die Reizbarkeit der kleinen Nierarterien als Prüfungsmittel benutzen.

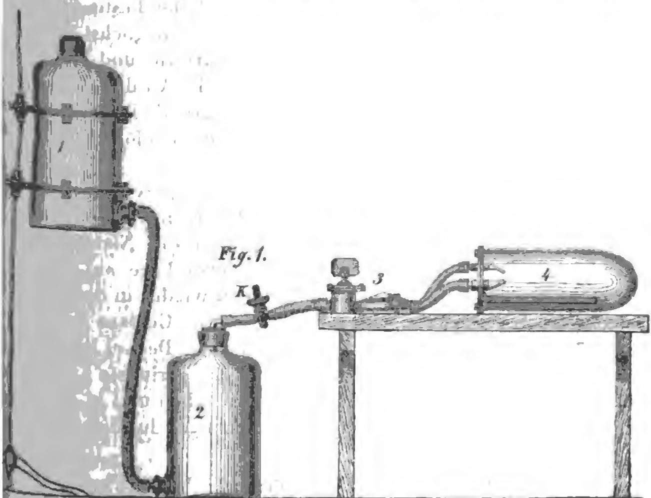
Das Blut und die Nieren, welche ich gebrauchte, wurden meist zweien, in einzelnen Fällen aber auch einem und demselben Hunde entnommen. Um letzteres bewirken zu können, liess ich die grossen zur Verwenduug kommenden Hunde aus der Carotis nahezu bis zur Verblutung zur Ader. Das aufgefangene Blut ward defibrinirt, durch Leinen filtrirt und dann in die Flasche gefüllt, von welcher aus der Strom in die Niere geleitet werden sollte. Aus dieser Flasche führte ich mehrere Blutproben natürlich unter Luftabschluss in die Behälter über, welche mit der Blutpumpe in Verbindung gebracht werden können. Eine dieser Proben stellte ich in Eiswasser, die andern setzte ich derselben Temperatur aus, welcher das zum Strom benutzte Blut unterworfen wurde, und zwar ebenso lange wie dieses. Nachdem ich mir das Blut auf diese Weise vorbereitet hatte, tödtete ich das blutarme Thier durch einen Stich in das Herz, nahm eine Niere desselben rasch und vorsichtig heraus und setzte so geschwind als möglich in die Arterie und Vene die in Bereitschaft gehaltenen Glascanülen. Nächstdem unterband ich die am Ureter herablaufenden Arterien und Venen. Die rami communicantes, welche von den Nierenarterien durch die Kapsel gehen, habe ich nicht unterbunden. Trotzdem bluteten sie gewöhnlich nicht; dagegen trat fast regelmässig eine Blutung in das Bindegewebe ein, welches am Hilus der Niere liegt. Da dieses Bindegewebe, bekannten Injectionsversuchen entsprechend, vorzugsweise durch kleine Gefässe versorgt wird, die aus der gabligen Theilung der

Nierenarterie entspringen, so würden die Blutungen in dasselbe wahrscheinlich dadurch vermieden werden können, dass man statt einer Canüle in den Stamm zwei in die beiden Hauptäste der Arterien einsetzte.

Die Operationen an der Niere waren gewöhnlich so rasch beendet, dass 10 bis 15 Minuten nach Herausnahme derselben aus dem Thiere die künstliche Durchströmung beginnen konnte.

Der Apparat mit und in dem der Blutstrom geschah, musste so beschaffen sein, dass er eine leichte Regelung des Stromdruckes gestattete, ferner dass der Strom in seinem ganzen Verlauf sorgfältig von der Luft abgeschlossen war; dann musste das aus der Vene gekommene Blut unmittelbar wieder in die Arterie zu leiten sein, und endlich musste die Temperatur des Blutes und der Niere während mehrerer Stunden auf 36°—40°C verharren. Alles Dieses war leicht zu erreichen; ich habe die in den folgenden Holzschnitten versinnlichte Construction angewendet.

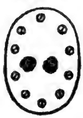
Fig. 1 stellt eine Seitenansicht des Apparates vor. 1 ist



die mit Quecksilber gefüllte Druckflasche, die auf dem Statif, auf welchem sie ruht, erhoben und gesenkt werden kann. Aus

ihrer unteren Tubulatur geht ein Gummirohr hervor, welches in die untere Tubulatur der Flasche 2 mündet. Diese letztere Flasche ist mit Blut unter Ausschluss aller Luft gefüllt. Aus ihrer obern Oeffnung steigt ein Kautschukrohr empor, welches gegen eine der beiden Mündungen des Stromwenders 3 läuft; aus dem entgegengesetzten Ende des letzteren gehen abermals 2 Röhren hervor, welche durch Kautschuk mit den Canülen für die Arterie und Vene verbunden sind. Die Niere liegt in der Glaskapsel 4; ich habe hierzu eine platt gedrückte Glasglocke, wie sie für Standuhren kleinster Gattung im Handel vorkommen, benutzt; das untere offene Ende derselben war während des Versuches durch eine Messingplatte verschlossen, die mittelst eines Kautschukringes luftdicht auf das Glas gesetzt werden konnte. Diese Platte (Fig. 2) hatte in der Mitte zwei Bohrungen, in welche zwei Metallhülsen verschiebbar und luftdicht passten; in die letzteren waren die Glascanülen für die Blutgefässe fest eingelackt. Die für die Arterie bestimmte Glascanüle war etwas nach unten gegen die für die Vene bestimmte gebogen, so dass beide Röhren sich möglichst nahe in dem Abstande befanden, in welchem die Arterie und Vene der Niere in ihrer natürlichen Lage gestellt sind. An die als Deckel der Glocke dienende Platte war etwas unterhalb ihrer Bohrungen eine zweite Platte unter rechtem Winkel angelöthet (Fig. 1), dieselbe diente als Unterlage für die Niere.

Fig. 2.

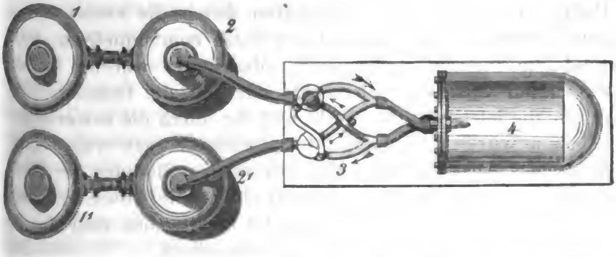


Sollte nun die Niere in diese Kapsel eingeschlossen werden, so wurden zunächst die aus dem Deckel mit ihren Metallhülsen herausgenommenen Glascanülen in die Nierengefässe eingebunden, dann der Niere eine passende Lage auf der betreffenden Platte gegeben und die Canülen wieder in den Deckel gestossen; eine etwa eingetretene Torsion der Gefässe liess sich durch entsprechende Drehung der Canülen im Deckel leicht beseitigen. Die Niere konnte nun, ohne die geringste Lageveränderung zu erleiden, in die Glocke geschoben und in denselben mittelst des erwähnten Kautschukringes luftdicht abgeschlossen werden.

Fig. 3 giebt die Ansicht des Apparates von oben. Man erkennt aus dieser Figur, dass mit dem Stromwender 3 zwei Blutflaschen 2 und 2^1 verbunden sind. Aus der einen strömt das Blut zur Niere, während in die andere das aus der Vene

zurückkehrende Blut übertritt. Jede dieser beiden Blutflaschen ist mit einer zugehörigen Druckflasche verbunden;

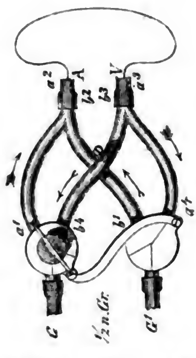
Fig. 3.



während des Versuchs steht jedesmal diejenige Druckflasche, welche mit der arteriellen Blutflasche verbunden ist, in der gewünschten Höhe über der letzteren; die Druckflasche dagegen, welche mit dem venösen Blutbehälter in Verbindung steht, unterhalb des Níveaus des letzteren, so dass sie saugend wirkt.

Um den Strom aus jeder der beiden Flaschen in die Nierenarterie führen, oder umgekehrt ihn in die Vene aufnehmen zu können, diente der aus Neusilber verfertigte Stromwender Fig. 4. Da dieses Instrument, soweit ich weiss, noch nicht beschrieben ist, muss ich etwas ausführlicher auf seinen Bau eingehen.

Fig. 4.



A stellt das zur Arterie, *V* das zur Vene führende Ende dar; mittelst Gummiröhren wurden die beiden anderen Enden *G* und G^1 mit den beiden Blutflaschen verbunden. In den Erweiterungen an den unteren Winkeln dieses Röhrensystemes befanden sich zwei durch eine Hebelstange gelenkig mit einander verbundene Hähne, deren Durchbohrungen durch die Linien in der Zeichnung angedeutet sind; der linke Hahn trug einen Handgriff. Die Hebelstange bewirkte die gleichzeitige Drehung beider Hähne und zwar musste, wie schon aus der Zeichnung leicht ersichtlich ist, ihre Drehungsrichtung immer eine entgegengesetzte sein. Der

linke Hahn besass ausserdem oben einen seitlichen, in einen kurzen Einschnitt der Wand hineinragenden Zapfen, welcher nur eine Drehung um ungefähr 45° gestattete, so dass bei der in der Zeichnung wiedergegebenen äussersten Stellung dieses Hahnes nach links die Blutbehälter durch die beiden äusseren Röhren des Systems mit der Niere communicirten, während die inneren, gekreuzten, abgesperrt waren, bei der äussersten Stellung nach rechts dagegen die Communication durch die letzteren hergestellt und die durch die ersteren aufgehoben wurde. Die Lage des Handgriffes gab während des Versuches Auskunft über die jedesmalige Stellung der Hahndurchbohrungen, so dass niemals ein Zweifel obwalten konnte über den augenblicklichen Gang des Blutstromes und über die etwa nöthig werdende Abänderung desselben.

Sollte nun das Blut aus dem mit dem Röhrenende *G* in Verbindung stehenden Behälter durch die Niere hindurch in den zweiten mit dem Ende G^1 verbundenen Behälter getrieben werden, so wurde den Hähnen die in der Zeichnung abgebildete Stellung gegeben; der Blutstrom ging alsdann in der Richtung a^1 a^2 a^3 a^4 durch das Röhrensystem (in der Niere also von der Arterie zur Vene) zum zweiten Behälter. War sämmtliches Blut hier angesammelt, so wurde der linke Hahn nach rechts (der rechte also nach links) gedreht und das Blut durch Quecksilberdruck in den ersten Behälter zurückgetrieben; dasselbe musste nun den Weg b^1 b^2 b^3 b^4 nehmen, ging also in der Niere wiederum von der Arterie zur Vene.

Zum Versuch wurden zunächst die beiden Blutbehälter in einen geräumigen Kasten aus Eisenblech gestellt, in welchem sich ausserdem ein als Unterlage für den Stromwender und die Uhrglocke dienendes passend geformtes Holzgestell befand. Auf letzteres wurde dann der Stromwender befestigt und mit den Ausflussröhren der Blutbehälter verbunden. Durch Hinausdrücken des Blutes aus den letzteren, wobei den Hähnen die passenden Stellungen gegeben werden mussten, wurde die Luft aus allen Theilen des Stromwenders verdrängt und die an den beiden Ausflussenden *A* und *V* befindlichen Schläuche zugeklemmt. Jetzt erst wurde die Niere exstirpirt, in der bereits angegebenen Weise in die Glocke eingeschlossen und dann mittelst der aus dem Deckel hervorragenden Canülen mit dem Stromwender verbunden.

Der Kasten wurde nun mit Wasser von 37 bis 40° gefüllt und durch abwechselndes Heben und Senken der Druckflaschen der künstliche Nierenkreislauf beliebig lange erhalten.

Der Widerstand, welchen die Niere dem Durchgange des Blutes entgegensetzte, war, je nach dem Zustande ihres Gefässsystemes, ein sehr verschiedener. Als extreme Fälle führe ich an, dass es mir ein Mal gelang circa 400 Cm. Blut in $^5/_4$ Stunden 12 Mal durch die Niere kreisen zu lassen, während in einem anderen Falle eine ebenso grosse Blutmenge innerhalb 2 Stunden die Niere bei gleichem Quecksilberdrucke nur zwei Mal passirte. Auf die Energie der Kohlensäurebildung in der Niere übte übrigens die Schnelligkeit des Blutdurchganges durch dieselbe keinen Einfluss, weil die grössere Häufigkeit der Berührung des Blutes mit der Niere durch die kürzere Dauer der Berührungszeiten compensirt wurde.

Immer zeigte das Blut schon nach einmaligem Durchgange durch die Niere eine dunkelvenöse Färbung; nach 20 bis 30 Minuten langem Durchleiten sah das Blut wie Erstickungsblut aus. Da es mir jedoch darauf ankam mit Sicherheit den Verbrauch allen Sauerstoffes und zugleich eine möglichst bedeutende Anhäufung reducirender Substanzen im Blute zu bewirken, so habe ich den Versuch stets 1 bis 2 Stunden währen lassen. Ueber die Minimalzeiten des Sauerstoffverbrauches in der Niere kann ich daher keine Angaben machen.

Es versteht sich von selbst, dass die Temperatur des Wassers während des Versuches stets auf der Höhe von 37 bis 40° erhalten wurde, ferner dass nach Beendigung desselben die Ueberfüllung des Blutes in die Recipienten der Luftpumpe unter Luftabschluss geschah und endlich, dass diejenigen Blutportionen, welche nicht sogleich entgast werden konnten, in Eiswasser aufbewahrt wurden. —

Den künstlichen Strom von defibrinirtem O haltigem Blut habe ich durch 5 verschiedene Nieren hindurch geführt. Um diese Versuchsreihe möglichst nutzbar zu machen, habe ich die künstliche Durchleitung des genannten Blutes unter mehrfachen Modificationen geschehen lassen. Dieselben bestanden darin, dass ich von dem defibrinirten O haltigen Blute, welches durch die Niere geleitet wurde, eine Probe so lange im warmen Wasser stehen liess, als der in demselben Wassergefäss vorgenommene Durchleitungsversuch andauerte. Hierdurch erhielt

ich die Angaben über den Unterschied in den Wirkungen der Niere und der Wärme für sich: — 2) vertheilte ich die ganze zur Durchleitung bestimmte Blutmasse auf 2 Flaschen. Nachdem der Inhalt der ersten von ihnen in Folge der Durchleitung die Farbe des Erstickungsblutes angenommen hatte, verwendete ich nun die 2. Flasche zur künstlichen Blutströmung und liess den Inhalt bei demselben Druck, derselben Temperatur und so lange wie den der ersten durch die Niere laufen. Hierdurch erfuhr ich, ob die Fähigkeit der Niere den Gasgehalt des Blutes zu ändern im Verlauf der Zeit ungleich werde; — 3) liess ich durch die Niere erst längere Zeit hindurch einen Strom von Erstickungsblut gehen, auf den ich dann erst das defibrinirte O haltige Blut folgen liess. Durch diese Anordung der Strömung konnte ich erfahren, ob das Erstickungsblut der Niere ihre oxydirenden Wirkungen geraubt hatte; — 4) nahm ich das Blut, welches in Folge seines Durchgangs durch die Niere O-frei oder mindestens sehr arm an O geworden war, aus der Flasche heraus und sättigte es von Neuem mit O. Nachdem dies geschehen, leitete ich es unter denselben Bedingungen wie früher abermals durch die Niere. Dieser Weg ertheilte sowohl Aufklärung darüber, ob das Blut rücksichtlich seines Absorptionsvermögens durch den Strom alterirt war, als auch darüber, ob das Blut zum zweiten Mal in der Niere noch ebenso verändert wurde, wie es zuerst geschah; — 5) in einigen der genannten Fälle gelang es mir auch, möglichst genau die absolute Menge des durch die Niere gegangenen Blutes zu messen, wodurch es mir möglich wurde, die ganze Menge der im Versuch gebildeten CO_2 und des verschwundenen O's zu ermitteln. Nach diesen Mittheilungen werden die nachstehenden Zahlenreihen verständlich sein.

Nr. des Versuches	Blut	Gasgehalt in 100 Theilen des Blutes	Unterschied der Gasmengen in 100 Th. des ursprüngl. u. des nur gewärmten Blutes		Unterschied der Gasmengen in 100 Th. des ursprüngl. u. des durchgeleiteten Blutes		Gesammtmenge der gewonnenen CO_2
			−O	$+CO_2$	−O	$+CO_2$	
XI.	Ursprünglich.	CO_2 16,07 O 14,84 N 1,14					
	1,5 Stunden durch die Niere geleitet	CO_2 26,80 O 0,00 N 1,62			14,84	10,73	52,90 Ccm.
	Das ursprüngliche Blut 3 Stunden bei 38° C.	CO_2 16,90 O 13,13 N 1,05	1,71	0,83			
	Das ursprl. Bl. 1,5 Stunden in der Wärme und dann 1,5 Stunden durch die Niere geleitet.	CO_2 25,19 O 2,28 N 1,68					40,87 Ccm.
XII.	Ursprünglich.	CO_2 18,82 O 15,28 N 1,04					
	2 Stunden in der Wärme.	CO_2 21,01 O 14,92 N 1,32	0,36	2,19			
	Das ursprl. Bl. 2 Stunden durch die Niere geleitet.	CO_2 32,15 O 0,35 N 1,35			14,57	11,44	
	Das urspri. Bl. 4 Stunden in der Wärme.	CO_2 21,83 O 14,57 N 1,16	0,71	3,01			
	Das urspri. Bl. 2 Stunden in der Wärme und dann 2 Stunden durch die Niere geleitet.	CO_2 31,79 O 1,27 N 1,26			13,30	9,96	

Nr. des Versuches	Blut	Gasgehalt in 100 Theilen des Blutes	Unterschied d. Gasmengen in 100 Th. des ursprüngl. und des durchgeleiteten Blutes		Gesammtmenge der gewonnenen CO_2
			−O	$+CO_2$	
XIII.	Ursprünglich.	CO_2 26,62 O 17,87 N 0,56	Mindestens 16,22 *)	11,13	44,52
	70 Minuten durch die Niere geleitet.	CO_2 37,75 O, N 2,21			
	Das durch die Niere geleitete Blut mit O gesättigt.	CO_2 34,01 O 17,71 N 1,08	10,35	5,22	
	Das mit O gesättigte Blut 35 Minuten durch die Niere geleitet.	CO_2 39,23 O 7,36 N 1,04			
XIV.	Ursprünglich.	CO_2 17,79 O 15,77 N 1,72	15,35	14,24	**Bemerkung.** Vor diesem Versuch war durch dieselbe Niere 70 Minuten lang Erstickungsblut geführt worden.
	35 Minuten durch die Niere geleitet.	CO_2 32,03 O 0,42 N 1,72			

In dem Blute, das durch die ausgeschnittenen Nieren geleitet wird, verschwindet also, vorausgesetzt dass der Strom lange genug dauert, aller O. Das Blut wird also in dieser Beziehung gerade so wie in einer andern später zu erwähnenden dem Erstickungsblut gleichbeschaffen. Die Geschwindigkeit, mit welcher dieser O Verbrauch vor sich geht, ist mindestens 20—30mal so gross als diejenige, mit welcher der O in dem

*) Das Eudiometer zersprang während der Sauerstoffbestimmung. Die Zahl 16,22 ist unter der Voraussetzung gefunden, dass der Stickstoffgehalt des Blutes vor und nach der Durchleitung durch die Niere gleich gross gewesen. In den beiden vorhergehenden Versuchen war dieses nicht der Fall, insofern das durchgeleitete Blut mehr N enthielt als das ursprüngliche. Demnach dürfte 2,21 — 0,56 = 1,65% der höchste Werth sein, der dem Sauerstoffgehalt des durchgeleiteten Blutes zugeschrieben werden kann.

warmen, innerhalb des Glasgefässes aufgehobenen Blute erfolgt. Demnach wohnt der ausgeschnittenen Niere ein specifisches Vermögen inne, den O des Blutes in feste Verbindungen überzuführen. Die Kraft, mit welcher die ausgeschnittene Niere auf das defibrinirte Blut wirkt, scheint, wenn man der folgenden Ueberschlagsrechnung trauen darf, nicht geringer als im lebendigen Körper zu sein. Die Niere macht nämlich nach *C. F. Krause* etwa den 0,003 Theil des Körpergewichtes aus; nach meinen Wägungen beim Hunde noch weniger, und zwar nur etwa 0,002. Die im Versuch XI benutzte Niere gab in 3 Stunden 94 Ccm. CO_2 bei 0^0 und 1 Met. Hg. Druck; also würden in 24 Stunden 752 Ccm. CO_2 bei 0^0 und 1 Met. Hg. Druck entstanden sein. Diese enthalten an Gewicht 0,53 gr. Kohlenstoff. Hätten alle übrigen Gewebsmassen des Thieres den C mit gleicher Geschwindigkeit verbrannt, so würden dieselben in 24 Stunden 175 bez. 265 gr. C in CO_2 umgewandelt haben, d. h. ungefähr so viel als nach *Voit* und *Pettenkofer* in 24 Stunden ein erwachsener Mann verbraucht, der keine Nahrung zu sich genommen.

Auch das Verhältniss, in welchem die Volumina des verbrauchten O's und der neugebildeten CO_2 zu einander stehn, ist sehr ähnlich demjenigen, welchem wir bei der normalen Respiration des Fleischfressers begegnen. Zu einer Ableitung dieses Verhältnisses eignen sich aus später ersichtlichen Gründen von den vorstehenden Beobachtungen nur XI, XII und der erste Versuch von XIII. In diesen finden wir den Werth des $\frac{CO_2}{O}$ zwischen den Grenzen von 0,80 bis 0,69 eingeschlossen, also auch von dieser Seite ist der Gaswechsel in der ausgeschnittenen Niere mit dem normalen Respirationsvorgang übereinstimmend.

Betrachtet man die oxydirenden Fähigkeiten der Niere in ihrer Abhängigkeit von der Zeit, welche seit ihrer Entfernung aus dem lebendigen Thiere verflossen ist, so sagen hierüber meine Beobachtungen aus, dass sie mit der wachsenden Zeit in einer wenn auch geringen Abnahme begriffen sind. Meine Beobachtungen sind jedoch zu unvollständig, als dass sie sich zu weiteren Erörterungen eigneten.

Die Niere verliert ihre oxydirenden Wirkungen nicht, wenn sie auch unmittelbar nach dem Ausschneiden und bevor sie von

dem O-haltigen Blut durchflossen wird, eine Stunde lang einem Strom des Erstickungsblutes ausgesetzt wird. (Versuch XIV.)

Das Blut endlich, welches in der Niere seines O's beraubt wurde, besitzt, soweit die Genauigkeit der Beobachtung nicht, noch denselben Absorptions-Coefficienten für O, der ihm vor der Durchleitung zukam, und ebenso ist nach neuer O-Zufuhr seine Oxydationsfähigkeit der ursprünglichen gleich. (Versuch XIII.) Insofern darf wohl auch von Seiten des Blutes diese künstliche Respiration der natürlichen gleichgestellt werden.

Wenn aber dieses gestattet ist, so eröffnen die Beobachtungen, welche nach Analogie der bis dahin mitgetheilten angestellt werden, noch Aussichten auf weitere Aufschlüsse über die Bedingungen, von welchen die Bildung des oxydablen Stoffes abhängt, den ich im Erstickungsblute angetroffen. Namentlich liesse sich jetzt die Frage entscheiden, ob dieser Stoff auch dann noch im Blute sich anhäuft, wenn das letztere als von vorneherein sauerstofffreies durch die Capillaren des lebensthätigen Organes geführt wird. Zu diesem Zwecke musste ich mich wiederum an das Erstickungsblut halten; dabei war aber zu berücksichtigen, dass das Erstickungsblut immer eine gewisse Menge des in Rede stehenden Stoffes von vorneherein enthält, welche demnach von der beim Durchgange durch die Niere etwa hinzukommenden Menge desselben abgezogen werden musste. Bevor ich jedoch meine Versuche nach dieser Richtung hin ausdehnte, schien es mir nothwendig eine Vorfrage zu erledigen.

Wenn man mit Hülfe des O-freien Erstickungsblutes zu erörtern trachtet, ob aus der Niere ein leicht oxydabler Körper gewonnen werden kann, der mit dem dem Blute zugesetzten O CO_2 zu liefern im Stande ist, musste man, wie mir es schien, erst wissen, ob auch das ursprünglich O-haltige Blut, nachdem es in der Niere frei von O gemacht worden, den leicht oxydirbaren Stoff enthalte. Diese Frage ist durch die nun anzuführenden Versuche bejaht worden.

Zum Verständniss des Resultats der Versuche, welche in der oben angegebenen Absicht angestellt und in der folgenden Zahlenreihe wieder gegeben sind, wird die Angabe genügen, dass das dunkel gewordene Blut, welches schliesslich nach mehrmaligem Durchleiten desselben defibrinirten arteriellen Blutes aus der Vene hervor kam, als künstliches Venenblut der

Niere bezeichnet worden ist. Von diesem wurde eine Probe ohne weiteren Zusatz entgast, und das aus ihm gewonnene Luftgemenge analysirt. Zu einer zweiten abgemessenen Portion desselben Blutes wurde eine bekannte Menge von O gesetzt und bis zur vollständigen Absorption derselben geschüttelt; darauf wurde das O-haltige Blut 5 Minuten lang im Wasser von 38° gestellt, und gleich darauf die Entgasung vorgenommen. Mit dem künstlichen Venenblut der Niere wurde also in derselben Weise verfahren, wie es früher bei ähnlichen Versuchen mit dem Erstickungsblut geschehen war. Erwähnenswerth ist ferner, dass ich im folgenden XV. Versuch eine dritte Partie des künstlichen Venenblutes nach vollkommener Sättigung mit Sauerstoff analysirte. Die Sättigung geschah durch Schütteln mit einer gemessenen Menge Sauerstoff, bis Nichts mehr aufgenommen wurde. Der Rest des O wurde wiederum gemessen, die Differenz ergab die Grösse der Sauerstoffabsorption. Durch vorsichtigen Zusatz des Sauerstoffes brachte ich es dahin, dass dieser Rest kaum 1 Ccm. betrug; da er durch etwas Blutschaum verunreinigt war, so konnte die Messung nicht ganz genau ausfallen; dieser Fehler ist aber verschwindend klein gegenüber den groben Zahlen, welche grade dieser Versuch ergeben. Auch die CO_2menge, die durch Diffusion in den Sauerstoffrest verloren gegangen sein kann, kommt wohl kaum in Betracht, namentlich da die Blutmenge sehr gross, ca. 250 Ccm., genommen war. Dieses Blut war zugleich dasjenige, welches, ohne Anwendung höherer Wärme, unmittelbar nach der Sättigung mit O in Eiswasser gestellt wurde.

Nr. des Versuches	Blutart	Zusatz	Gasgehalt in 100 Theilen des Blutes	Verschwundener O	Gewonnene CO_2
XV.	a. Künstliches Venenblut d. Niere (Beobachtung XIII.)	Ohne	CO_2 31,79 O 1,27 N 1,26		
	b. Dasselbe Blut.	11,27 % O	CO_2 32,40 O 9,23 N 1,92	3,31	0,61
	c. Blut a nach Sättigung mit . . .	23,42 % O	CO_2 34,08 O 16,64 N 1,44	8,05	2,29

Nr. des Versuches	Blutart	Zusatz	Gasgehalt in 100 Theilen des Blutes	Verschwundener O	Gewonnene CO_2
XVI.	Künstliches Venenblut der Niere aus einem Blut, das nach einer früheren Durchleitung mit Sauerstoff geschüttelt war.	Ohne	CO_2 39,23 O 7,36 N 1,64		
		13,66% O	CO_2 39,46 O 15,55 N 0,84	5,47	0,23

Diese Beobachtungen zeigen, dass auch im künstlichen Venenblut ein Stoff enthalten ist, welcher den locker gebundenen Sauerstoff zu fixiren vermag. Vergleicht man die absolute Menge des durch die Einwirkung dieses Stoffs verschwundenen O's mit den im Erstickungsblut gebundenen Mengen, zo zeigt sich, dass vom künstlichen Nierenvenenblut so viel und mehr gebunden werden kann, als dieses das Erstickungsblut im Maximum zu thun vermochte. — Also ist die Niere ein Ort, welcher die Entstehung leicht oxydabler Verbindungen vorzugsweise begünstigt. — Die Menge der CO_2, welche bei der Bindung des zugesetzten Sauerstoffes im künstlichen Nierenvenenblute entsteht, ist in den vorstehenden Beobachtungen absolut, vielmehr also relativ, weit geringer, als wir sie in den früheren Versuchen mit Erstickungsblut gefunden. In der Beobachtung XV, b ist der Quotient $\frac{CO_2}{O} = 0{,}18$, in XV, c $= 0{,}28$, und im Fall XVI ist er sogar nur $= 0{,}04$.

Jedenfalls ist es der Mühe werth, zu untersuchen, ob sich ähnliche Verhältnisse auch im natürlichen Venenblut der Nieren einfinden. Wäre dieses constant der Fall, so würden die Zersetzungsvorgänge in der Niere als durchaus eigenthümliche anzusehen sein.

In Beobachtung XV, c nahm das künstliche Nierenvenenblut bei einem gegebenen Gehalt von 1,27% Sauerstoff noch 23,42% auf, enthielt also nun im Ganzen 24,69% O. In Beobachtung XVI wurden zu dem noch 7,36% O enthaltenden Blute 13,66% hinzugesetzt und vollkommen absorbirt; die Gesammtmenge des O's betrug also hier 21,02%. Die Zahlen 24,69 und 21,02 überstiegen aber das Absorptionsmaximum des Blutes in Bezug auf den locker gebundenen O bei Weitem und liefern uns

also den Beweis, dass ein beträchtlicher Theil desselben mit der grössten Geschwindigkeit, während der Sauerstoffabsorption selbst, in feste Verbindungen übergeführt worden ist.

Nimmt man an, dass 100 Th. Blut im Maximum 18 Th. locker gebundenen O enthalten, und drückt man den im künstlichen Nierenvenenblut eingetretenen O-verlust, wie wir das auch in den früheren Versuchen gethan, in Procenten dieses Maximalwerthes aus, so beträgt der O-verlust in Versuch XV, b 18,1%, in Versuch XV, c 44,7% und in Versuch XVI 30,4%.

Eine andere Erscheinung endlich, die auch beim Erstickungsblute beobachtet wurde, tritt beim künstlichen Venenblute der Niere, insbesondere aber in Beobachtung XVI sehr auffallend hervor, der Umstand nämlich, dass ein in dem Blute noch vorhandener Sauerstoffantheil nicht benutzt wird zur Oxydation des leicht verbrennlichen Stoffes, während sich hierzu der neueingeführte O sogleich befähigt erweist. Der Versuch XVI, in welchem noch 7,36% O neben einer reichlichen Menge des leicht oxydirbaren Stoffes unverändert bestehen konnten, während von dem zugesetzten O augenblicklich 5,5% verschwanden, spricht offenbar gegen die Annahme, dass man es hier mit einer Massenwirkung zu thun habe; dagegen scheint durch den Vergleich der Ergebnisse von Versuch XV, b u. c. diese Annahme gestützt zu werden.

Nach allem diesem erscheinen die Nieren vorzugsweise zur Erledigung der Frage geeignet zu sein, ob die Anwesenheit eines ursprünglich O-haltigen Blutes die nothwendige Bedingung sei für die Bildung bez. für das Auftreten der leicht oxydablen Stoffe im Blute. Das Interesse, das sich an die Erledigung dieses Punktes knüpft, liegt auf der Hand. Wenn die Entstehung jener Atomgruppen ohne Zuthun des O im Blute erfolgt, so wird, soweit ich sehe, die Zahl der möglichen Hypothesen, die man für ihre Entstehung aufstellen könnte, sehr bedeutend eingeschränkt. Man würde dann nur noch annehmen können, entweder dass die Wandungen der Capillargefässe einen zerlegenden Einfluss auf die Blutbestandtheile übten, oder dass aus den Gewebssäften die öfter erwähnten Atomgruppen in das Blut diffundirten. Es würde also, wenn diese Stoffe ohne Zuthun des O's entstehen, uns der Beweis geliefert sein, dass der Oxydation eines Theils der complicirten Verbindungen, die im thie-

rischen Körper enthalten sind, eine Zerlegung vorausgehen müsse.

Behufs Beantwortung dieser Fragen habe ich in der nun folgenden Versuchsreihe Erstickungsblut, nachdem jedes Mal durch einen besonderen Versuch festgestellt worden, wie viel Sauerstoff dasselbe fest zu binden vermochte, längere Zeit durch eine Niere geleitet und dann die Grösse des neueintretenden O-verbrauches mittelst Zusatz einer gemessenen O-menge und Analyse der ausgepumpten Blutgase ermittelt. Im Vers. XVII fehlt die Analyse des ursprünglichen Erstickungsblutes; ich habe dasselbe für sauerstofffrei angenommen. Die auf dieser Grundlage berechnete Zahl für den verschwundenen Theil des zugesetzten O stellt also das Minimum des O-verbrauches dar.

Die nachfolgende Tabelle zeigt, was meine Versuche ergeben haben.

Nr. des Versuches	Blutart	Zusatz	Gasgehalt in 100 Theilen Blut		Verschwundener O	Gewonnene CO_2
XVII.	a. Erstickungsblut.	11,24 % O	CO_2	32,61	1,71	0,00
			O	9,53		
			N	0,94		
	b. Dasselbe 70 Minuten lang durch die Niere geleitet.	Ohne	CO_2	32,20	1,63	
			O	0,00		
			N	1,46		
	c. Das durchgeleitete Blut.	10,13 % O	CO_2	32,20		
			O	8,50		
			N	1,02		
XVIII.	a. Erstickungsblut.	Ohne	CO_2	42,90	1,29	0,75
			O	0,00		
			N	1,86		
	b. Dasselbe.	15,36 % O	CO_2	44,65		
			O	14,07		
			N	1,26		
	c. Blut a 1½ Stunden durch die Niere geleitet.	Ohne	CO_2	42,02	Mindestens 2,93	0,90
			O	0,00		
			N	1,70		
	d. Das durchgeleitete Blut.	15,62 % O	CO_2	42,92		
			O, N	14,39		

Nr. des Versuches	Blutart	Zusatz	Gasgehalt in 100 Theilen des Blutes	Verschwundener O	Gewonnene CO_2
XIX	a. Erstickungsblut.	Ohne	CO_2 42,84 O 0,84 N 1,28	1,65	2,19
	b. Dasselbe.	14,00 % O	CO_2 45,00 O 13,16 N 1,39		
	c. Blut a 1½ Stunden durch die Niere geleitet.	Ohne	CO_2 40,34 O 0,00 N 1,45	3,78	3,00
	d. Das durchgeleitete Blut.	14,64 % O	CO_2 43,34 O 10,86 N 1,14		

Unter den 3 vorgeführten Versuchen war das erste Mal die Menge der leicht oxydablen Stoffe, welche das in die Niere eingeleitete Erstickungsblut schon ursprünglich enthielt, nicht vermehrt worden; in den beiden anderen Fällen war dagegen eine Vermehrung eingetreten. Berücksichtigen wir zunächst nur die beiden letzteren, so erkennen wir 1) dass die absolute Menge des O's, welche in dem durch die Niere geleiteten Erstickungsblut zum Verschwinden kam, sich dem von uns in unsren 10 ersten Versuchen beobachteten Maximum anschliesst; da nun in den vorstehenden Beobachtungen das Blut schon vor dem Durchleiten durch die Niere einen Gehalt an sauerstoffverzehrenden Stoffen besass und doch nur jenes Maximum erreicht wurde, so scheint es, dass die Anhäufung dieser Stoffe in sauerstofffreiem Blut über eine gewisse Grenze nicht hinausgeht.

2) Der verschwundene Antheil des zugesetzten O's ist in dem durch die Niere geleiteten Erstickungsblute geringer als in denjenigen Fällen, in welchen sauerstoffhaltiges Blut zur Durchleitung verwendet und in Erstickungsblut umgewandelt wurde. Es scheint demnach die Gegenwart von O eine Bedingung zu sein für das Auftreten der leicht oxydirbaren Stoffe im Blute, resp. für deren Erzeugung.

Wenn wir die im ursprünglichen Erstickungsblute verschwundene O- und die neu gebildete CO_2 Menge von den gleichnamigen Werthen im durchgeleiteten abziehen, so gewahren wir, dass das Verhältniss zwischen diesen beiden Resten ein

ähnliches ist, wie es sich im Venenblut der Niere darbot, das durch Durchleiten von O-haltigem Blute erzeugt worden war. Die Reste, welche übrig bleiben, sind in Beobachtung XVIII 1,64 O u. 0,15 CO_2 und somit der Werth des Quotienten $\frac{CO_2}{O} = 0,09$, in Beobachtung XIX 2,13 O und 0,81 CO_2; der Quotient aus beiden Zahlen beläuft sich demnach auf 0,38.

Der Versuch XVII stimmt insofern mit den beiden anderen nicht überein, als in demselben das durch die Niere geleitete Erstickungsblut von dem zugesetzten O nicht mehr zum Schwinden brachte als das ursprüngliche. Diese Abweichung lässt sich vielleicht im Sinne einer der vorhin aufgestellten Erklärungsgründe für das Erscheinen der oxydablen Stoffe im Blute aus bekannten Diffusionsgesetzen erklären. Hätte in der That die Niere in Versuch XVII nicht mehr leicht oxydirbarer Stoffe enthalten als dem zugeleiteten Erstickungsblute zukam, so würde es selbstverständlich sein, dass das letztere während seines Durchganges durch die Niere keinen Zuwachs an solchen Stoffen erhalten konnte.

Einen Hinweis auf das Stattfinden einer Diffusion zwischen dem Blute und den Nierensäften liefern die Versuche mit Erstickungsblut ausnahmslos insofern, als dasselbe vor dem Durchgange durch die Niere regelmässig mehr CO_2 enthielt als nach demselben; dieser Verlust von CO_2 dürfte kaum einfacher als durch eine Diffusion in das Nierengewebe zu erklären sein.

Beobachtungen über Gefässnerven.

Von

Dr. Asp.

(Mit 1 Abbildung.)

Versuche am n. splanchnicus major.

Der Ueberschrift gemäss kommen nur die vasomotorischen Fasern des ebengenannten Nerven in Betracht, diese jedoch im weitesten Sinne des Worts, also neben denjenigen, welche unmittelbar in die Muskulatur der Gefässe eingreifen, auch die, welche die Nerven des Herzens und der Arterien reflectorisch erregen.

Die vasomotorische Bedeutung des n. splanchnicus ist erst seit Kurzem gewürdigt worden. — Seine reflectorischen Beziehungen zu den Herzästen des nerv. vagus haben *Goltz* und *Bernstein* aufgedeckt. Beim Frosch wird, wie es scheint, das Hirnende der regulatorischen Herznerven durch den erregten Splanchnicus unmittelbar ergriffen. Auf welche Weise sich das Verhältniss beider Nerven zueinander beim Säugethier stellte, war dagegen unklar, jedenfalls musste jedoch eine durch das Hirn vermittelte Beziehung unseres Nerven zum Herzschlag angenommen werden, trotz des negativen Erfolgs, den *Bernstein* bei einem Versuche am n. splanchnicus des Kaninchen erhielt. Denn den Erfolg, den er bei einer nach dem Hirn hin wirkenden Reizung des n. splanchnicus vermisste, sah *Bernstein* eintreten, als er die centralen Stümpfe des sympath. Grenzstrangs in der Brusthöhle reizte. Da nun dieser letztere zum grössten Theil in den n. splanchnicus major übergeht, so war also auch die gleiche Leistung von diesem zu erwarten. Jedenfalls jedoch war noch zu erörtern, ob der Nerv das Hirnende des n. vagus unmittelbar erregt, oder ob er als Mittelgied hiezu des erhöhten Blutdrucks bedarf. — Ueber die reflectorische Wirkung des n. splanchnicus auf die Nerven der Arterienmuskeln war noch weniger bekannt. Das einzige hierauf Bezügliche

war einer Mittheilung von *Goltz* zu entnehmen, welcher gefunden, dass eine mechanische Reizung der Unterleibsnerven des Frosches den Tonus seiner Blutgefässe erniedrigen konnte. Danach wäre also der n. splanchnicus in die Reihe der Depressoren zu stellen gewesen.

Das periphere Ende des n. splanchnicus in den Unterleibsgefässen musste alsbald die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, nachdem *C. Ludwig* und *Thiry* dargethan hatten, wie gross der Einfluss sei, den die Lähmung der Unterleibsgefässe auf den mittleren Blutdruck übt. *v. Bezold* und *Bensen* zeigten nun, dass der n. splanchnicus zu den Nerven gehöre, welche die Gefässe der Unterleibseingeweide zu verengen vermögen. Da jedoch die ebengenannten Beobachter den mittleren Druck in den grossen Arterien während der Reizung des n. splanchnicus nur um $^1/_4$ bis $^1/_5$ seines Werthes erhöht sahen, so musste man schliessen, dass als Vasomotor unser Nerv andern wichtigeren nachstehe. Zu diesen Angaben trat jedoch alsbald eine andere von *E. Cyon* und *C. Ludwig*. Nach der Durchschneidung auch nur eines der beiden Nerven sahen sie die mittlere Arterienspannung um mehr als die Hälfte, ja um Dreiviertheile ihres gewöhnlichen Werthes vermindert, und durch nachfolgende Reizung des peripherischen Stumpfes gewahrten sie, dass der Blutdruck nicht bloss seinen normalen Werth erreichte, sondern weit über ihn hinausstieg. —

An diese Thatsachen und Widersprüche knüpfte ich bei dem Beginn meiner Beobachtungsreihe an.

a. Blutdruck und Pulszahl nach der Durchschneidung beider nn. splanchnici des Hundes unterhalb des Zwerchfells.

Die Durchschneidung geschah mit Hülfe eines Verfahrens, welches die Eröffnung des Bauchfellsackes nicht nöthig machte. Bei günstiger Lagerung des Thieres und bei Benutzung kleiner Hunde gelingt es, den n. splanchnicus unmittelbar nach seinem Durchtritt durch das Zwerchfell zwischen den Schenkeln desselben aufzufinden. Als Führer dient die Vena lumbalis prima, die alsbald in die Augen fällt, wenn man gleich unterhalb der letzten Rippe die Scheide des grossen Lendenstreckers, und zwar unmittelbar neben ihrem Ursprung von den Querfortsätzen durchschneidet. Sowie man die Vena aufgefunden hat,

sieht man auch sogleich die zugehörige Arterie und den gleichnamigen Nerven. Für den Fortschritt der Operation gewährt es Bequemlichkeiten, die Arterie doppelt zu unterbinden und alsdann Nerv und Arterie zu durchtrennen. Die Vene verfolgt man sorgfältig gegen ihre Einmündung, hierbei trifft man sicher auf die Nebenniere, da die Vene regelmässig über dieses Organ hinläuft. Sowie die Nebenniere aufgefunden ist, zieht man dieselbe mit einem stumpfen Haken in die Wunde herein, ein Handgriff, der für die Thiere sehr schmerzhaft ist, weil er ohne eine Zerrung des sehr empfindlichen und mit der Nebenniere zusammengehefteten nerv. splanchnicus nicht ausgeführt werden kann. Hält ein Gehülfe die leicht bewegliche Nebenniere in der Wunde fest, so kann man mit zwei Pincetten den Ast des Splanchnicus aufsuchen, welcher in die Nebenniere geht; von ihm aus dringt man dann zum Stamm des Splanchnicus, wobei zu bemerken, dass dieser Stamm rechter Seits unterhalb und linker Seits oberhalb der Nebenniere gegen die Darmgefässe hin verläuft. Bei einiger Vertrautheit mit der Anatomie der betreffenden Regionen und bei Unterstützung durch zwei geübte Gehülfen gelingt es sicher, den Nerven ohne Verletzung des Peritoneums vollständig zu durchschneiden. Ist dieses gelungen, so sind die Thiere gleich nach der Operation verhältnissmässig munter und die Heilung der Wunde, vorausgesetzt, dass man einige Sorgfalt auf die Behandlung derselben verwendet, geht gut von Statten. Wurde dagegen das Bauchfell verletzt, so tritt der Tod in der Regel durch Peritonitis ein.

F ü n f m a l unter neun Versuchen wurde ich darauf beschränkt, den Druck in der Carotis und die Pulszahl unmittelbar vor und unmittelbar nach der Operation zu bestimmen, entweder weil die Thiere sogleich getödtet wurden, oder weil der Tod derselben in Folge anderer Umstände eintrat. V i e r m a l habe ich ausserdem noch die beiden genannten Werthe nach nahezu vollständig geheilter Wunde ausgeführt. Hierbei haben sich nachfolgende Zahlen ergeben:

I. Mitteldruck und Pulszahl sogleich vor und nach Durchschneidung der nn. splanchnici unterhalb des Zwerchfells.

		Mitteldruck in der art. carotis			Pulszahlen			
		vor der Durchschneidung	nach der Durchschneidung	Verhältniss nach — vor	vor der Durchschneidung	nach der Durchschneidung.	Verhältniss nach — vor	
1	Beide durchschnitten.	165	103	0,62	25	43,5	1,74	
2	»	160	95	0,59	28	48,5	1,73	
3	»	141	90	0,64	26	46	1,77	
4	links vollkommen, rechts nur einen Zweig.	136	80	0,59	31,5	43	1,37	
5	beide durchschnitten.	104	79	0,76	26	68	2,61	
6	»	98	53	0,54	26,5	45	1,70	Narcose mit Morph.
7	»	78	51	0,65	22	33 (72)	1,50	» »
8	»	74	64	0,86	27	28	1,04	
9	»	136	22	0,16	46	—	—	Tod sogleich nach d. Operation.

Nach der Durchschneidung der Nerven ist auch beim Hunde, wie in Folge der entsprechenden Beobachtungen am Kaninchen zu erwarten war, jedesmal eine Erniedrigung des mittleren Blutdrucks eingetreten. Wenn ich den 9ten Fall ausscheide, in welchem aus unbekannten Gründen der Tod unmittelbar nach der Operation eintrat, wo sich also offenbar die Beobachtung nach der Durchschneidung auf ein sehr geschwächtes Herz bezieht, so bemerken wir zunächst, dass der Druck, welcher unmittelbar nach der Durchschneidung vorhanden ist, beim Hund absolut und relativ höher ausfällt, als dieses bei dem Kaninchen der Fall war. Diesen Unterschied zwischen den beiden Säugethieren wird man wohl auf Rechnung des relativ grössern Darmcanals und also auch der relativ grössern Gefässräumlichkeiten der letztern beim Kaninchen setzen dürfen. Die eben mitgetheilte Erscheinung stimmt mit der andern schon bekannten Erfahrung überein, dass auch die Unterbindung der

vena portarum beim Kaninchen viel rascher (durch Blutleere des Gehirns) zum Tode führt, als beim Hund.

Aus einer Vergleichung der einzelnen am Hund angestellten Beobachtungen ergiebt sich, dass der mittlere Blutdruck, welcher nach der Zerschneidung zurückbleibt, im Allgemeinen grösser ist, wenn dasselbe auch mit dem Druck der Fall war, der vor der Zerschneidung bestand. Da ich die Zahlen der Tabelle nach der Grösse der letztern Drücke geordnet habe, so kann man sich leicht überzeugen, dass dieses mit Ausnahme des achten Falles durchgreifend gilt.

Die proportionale Druckminderung, welche die Durchschneidung des nerv. splanchnicus veranlasste, bot dagegen keine solche Regelmässigkeit. Allerdings war der Druck in den Fällen, in welchen er sich vor der Operation über 130 Mm. bewegte, regelmässig um nahezu 40 Procent gesunken, in denen dagegen, wo der Druck vor der Operation bei und unter 100 Mm. stand, schwankte das Sinken zwischen 14 und 46 Procent.

Diese Erfahrungen sind nicht ohne Interesse für die Erkenntniss des Antheils, den der jeweilige Tonus des nerv. splanchnicus sowohl, wie auch der der übrigen Gefässnerven an dem Druck genommen, welcher vor der Durchschneidung vorhanden war.

Wenn man annehmen darf, wie es jetzt allgemein geschieht, dass zwischen dem Gewicht des Gesammtthieres und seinem Blutgehalt eine feste Proportion besteht, so beweisen die vorstehenden Zahlen, dass bei verschiedenen Individuen derselben Species, beziehungsweise in verschiedenen Zuständen desselben Thiers der tonische Erregungsgrad der Gefässbezirke seines Körpers, nach relativen und absoluten Werthen gemessen, ein sehr ungleicher ist. —

Wenn der Unterschied des Drucks vor und nach der Zerschneidung des Splanchnicus ein grösserer ist, so wird man auch annehmen müssen, dass der Abfluss des Arterienbluts durch die Darmgefässe bedeutender gehemmt war, als wenn jener Druckunterschied zu den bezeichneten Zeiten kleiner war. — Wie aber der Antheil des Splanchnicus sich den mitgetheilten Beobachtungen gemäss als ein ungleicher ausweist, so gilt dieses auch für die übrigen Gefässnerven. — Wäre der Unterschied des Drucks, der vor der Durchschneidung des n. splanchnicus vorhanden war, nur auf Rechnung einer ungleichen Wider-

standsfähigkeit der Unterleibsgefässe gekommen, so hätte man erwarten dürfen, dass nach Durchschneidung beider Splanchnici der Druck überall derselbe geworden. Dieses ist nun aber durchaus nicht der Fall. Ordnet man mit Berücksichtigung der absoluten und proportionalen Druckunterschiede vor und nach der Operation die 8 Beobachtungen, so erhält man 1. Fälle, die sich daraus erklären, dass alle Gefässnerven stark und gleichmässig tonisch erregt waren. Der Blutdruck vor der Durchschneidung ist ein hoher, die Lähmung des Splanchnicus erzeugt ein bedeutendes Absinken des Drucks, der nach ihr zurückbleibende ist noch bedeutend. — 2. Die tonische Erregung der Gefässnerven ist schwach und gleichmässig; der ursprüngliche Druck niedrig, der Druckabfall nach der Durchschneidung ist relativ gross, der restirende Druck niedrig. — 3. Die tonische Erregung der einzelnen Gefässnerven ist eine ungleichmässige. In diesem Falle kann der Druck vor der Durchschneidung sehr verschiedene Werthe besitzen, doch niemals so grosse, wie bei gleichmässiger Verbreitung eines hohen Tonus. War der Tonus des Splanchnicus überwiegend, so wird nach seiner Zerschneidung die proportionale Druckminderung sehr gross sein, während sie in dem umgekehrten Falle klein ist. Meine Versuche bieten, wenn ich nicht irre, für sämmtliche Variationen Beispiele dar.

Betrachten wir die Pulszahlen, die vor und nach der Operation anwesend waren, so finden wir, dass ausnahmslos eine beträchtliche Beschleunigung derselben nach der Operation eintrat. Gestützt auf zahlreiche fremde und eigene Erfahrungen, bin ich geneigt, dieses auf die Erniedrigung des Blutdrucks in der Schädelhöhle zurückzuführen.

Ich lasse nun die Versuche folgen, in welchen der Druck und Puls auch nach der Heilung der Wunde bestimmt ward.

II. Durchschneidung des n. splanchnic. maj. Blutdruck und Puls gleich nach der Operation, und später nach der Heilung der Wunde.

	Mitteldruck			Pulszahlen			
	vor der Durchschneidung	nach der Durchschneidung	nach — vor	vor der Durchschneidung	nach der Durchschneidung	nach — vor	
1 Nur rechts.	—	125	—	—	58	—	18 Tage nach der Operation.
2 Rechts vollständ., links 1 Zweig.	—	92	—	—	24	—	9 Tage nach der Operation.
	—	124	—		14	—	18 Tage nach der Operation.
3 Beide durchschnitten.	104	79	0,76	26	68	—	Unmittelbar vor u. nach der Operation.
	—	112	—	—	17,5	—	11 Tage nach der Operation.
4 Beide durchschnitten.	165	108	0,62	25	43,5	1,74	Unmittelbar vor u. nach der Operation.
	—	172	—	—	21,5		12 Tage nach der Operation.

Von den vorstehenden 4 Versuchen sind nur die beiden letzten als vollkommen gelungen zu betrachten; in beiden waren innerhalb elf und zwölf Tagen nach der Operation der Druck und die Pulszahl zu den Werthen zurückgekehrt, die sie vor der Durchschneidung besessen hatten, und dieses war geschehen, trotzdem dass keine Verheilung der durchschnittenen Nerven sich eingestellt hatte; den Beweis dafür, dass die Heilung noch nicht wieder erfolgt war, habe ich dadurch geführt, dass ich nach der letzten Druckbestimmung die Thiere mit Curare vergiftete, die beiden Splanchnici der Brusthöhle aufsuchte, durchschnitt und die peripheren Stümpfe reizte, während das Manometer die Druckschwankungen in der Carotis

aufschrieb. Die beiderseitige Reizung blieb ohne allen Erfolg auf den Gang des Quecksilbers. Ausserdem bestätigte eine genaue Leichenuntersuchung die durch den Reizungsversuch gewonnene Anschauung.

Will man einem einzigen Versuch das Recht mitzusprechen einräumen, so dürfte man aus der Beobachtung 2 schliessen, dass sich der vor der Durchschneidung vorhandene Zustand des Kreislaufs nur sehr allmählig wieder herstellt.

Ueber die Mittel, durch welche der Ausfall des n. splanchnicus compensirt wird, bin ich nicht im Stande sichere Auskunft zu geben. Zu den Erklärungsgründen, welche nicht allzugewagt erscheinen, dürfte entweder der eine zählen, dass andere Theile des Systems der Gefässnerven, die, wie ich zeigen werde, vom Lendenmark aus zu den Unterleibsgefässen treten, die ausgefallenen Functionen des Splanchnicus übernommen haben. — Oder vielleicht wirken auf die Fasern des Splanchnicus noch andere Erreger ausserhalb seines Verlaufs durch die Unterleibshöhle, welche nach dem Ausfall der centralen ihre Wirksamkeit erhöhen.

Gleichgültig aber, ob, wie die Zukunft lehren wird, die soeben vorgebrachten oder auch ganz andere Umstände für die Wiederherstellung der normalen Stromverhältnisse von Bedeutung sind, jedenfalls ist die Wiederherstellung derselben eine Thatsache von Bedeutung; nur ihr scheint es verdankt werden zu müssen, dass die Thiere die Durchschneidung dieser auf den Blutstrom so auffallend wirkenden Nerven verhältnissmässig leicht zu ertragen im Stande sind.

Nun überleben aber nicht bloss die Hunde, sondern es überleben auch, wie ich aus eigener Erfahrung weiss, die Kaninchen die Durchschneidung der Nerven in ungestörter Gesundheit. Darum halte ich es für annehmbar, dass auch bei ihnen der Ausfall unseres Nerven durch andere Mittel ersetzt werden kann.

b. Reizung des durchschnittenen n. splanchnicus.

Die Eigenthümlichkeiten in dem Ursprung und in der Verbreitung des wichtigen Nerven macht eine genaue physiologisch-topographische Untersuchung des Nerven zur Nothwendigkeit. Einen Theil dieser sehr umfänglichen Aufgabe habe ich gelöst, einen andern habe ich spätern Arbeiten überlassen müssen.

Fortschritte in der Erkenntniss von den Wirkungen des nerv. splanchnicus sind sehr langsam zu gewinnen, nicht allein wegen der schwierigen Versuche, sondern noch mehr darum, weil es öfter nothwendig wird, besondere Untersuchungen anzustellen, um zu einer sicheren Deutung der Resultate zu gelangen, welche die Reizung hervorgebracht hatte.

Das Hülfsmittel, mit dem ich die Aenderungen mass, welche durch die Reizung des Nerven in den Kreislaufserscheinungen hervorgebracht wurden, war das registrirende Quecksilbermanometer. Zur Beurtheilung der Genauigkeit und Sicherheit, welche den Zahlen sowohl als auch den aus ihnen abgeleiteten Schlüssen zukommt, diene das Folgende.

1. Das Manometer. Als Druckmesser wurde es für die nachstehende Abhandlung nur zur Feststellung des mittlern Blutdrucks benutzt. Insofern der mittlere Blutdruck während einer Beobachtungsreihe rasche Aenderungen erfährt, ist man öfter gezwungen, Mittelzahlen aus kurzen nur wenige Herzschläge enthaltenden Stücken zu bilden. Wenn ich hierzu gezwungen wurde, so habe ich selbstverständlich ebensoviel Diastolen als Systolen und ebenso viel Inspirations- als Exspirationsstücke der Messung zu Grunde gelegt. Im übrigen habe ich mich streng an die bekannten Vorsichtsmaassregeln gehalten, welche für den Gebrauch des Instruments, insoweit es als Druckmesser dient, aufgestellt worden.

Da die Beobachtung ungemein erleichtert wird, wenn man in demselben Versuch den Druck und die Pulszahlen zugleich bestimmen kann, so habe ich in der Regel das Quecksilbermanometer auch zur Pulszählung benutzt. In einigen wenigen Fällen habe ich daneben das Manometer von *Ad. Fick* angewendet und mich hierbei von Neuem überzeugt, dass das Quecksilbermanometer vollständig ausreicht, wenn man mit ihm nur die Zahl und nicht die Gestalt der Pulse feststellen will. Dabei hat man jedoch zu beachten, dass das Manometer die Zahl der Pulsschläge nicht immer richtig und zwar entweder zu gross oder zu klein angiebt.

Die Möglichkeit zu einer fehlerhaften Mehrangabe ist bekanntlich dann vorhanden, wenn der Zeitraum, während dessen das Herz in der Diastole verharrt, länger dauert als die Periode der Eigenschwingung, welche der im Manometer vorhandenen Quecksilbermasse zukommt.

Die Eigenschwingung tritt jedoch weitaus nicht immer ein, trotzdem dass die genannte Bedingung erfüllt ist. Damit sie erscheine, muss noch der anderen Bedingung genügt sein, dass sich die Blutsäule, welche sich vom Manometer aus in die Gefässe hinein erstreckt, mit einem geringen Widerstand bewegt, oder, anders ausgedrückt, es müssen die Gefässwandungen einen geringen Grad von Spannung besitzen. Sobald dieses wie gewöhnlich nicht der Fall ist, sinkt die Quecksilbersäule aus ihrer höchsten durch die Diastole veranlassten Stellung zu langsam ab, um die Geschwindigkeit zu erlangen, welche zur Erzeugung einer Nachschwingung nothwendig ist. Aehnliches gilt bei gespannten Arterienwandungen für den aufsteigenden Schenkel der Pulscurve. In den zahlreichen Beobachtungen, die ich angestellt, sah ich nur einmal und auch hier nur für kurze Zeit die Eigenschwingung hervortreten. Dass eine in der Pulscurve vorhandene Erhebung der Trägheit des Quecksilbers zuzuschreiben ist, kann man leicht ermitteln, wenn man die Periode einer Eigenschwingung des angewendeten Manometers kennt. Der Verdacht, dass eine Erhebung des Quecksilbers durch die Eigenschwingung des letztern, nicht aber durch einen Pulsschlag hervorgebracht wurde, wird zur Gewissheit, wenn die verdächtige Erhebung genau in die Zeit fällt, beziehungsweise in ihr abläuft, in der sie den bekannten zeitlichen Verhältnissen der Eigenschwingung gemäss eintreten und ablaufen müsste.

Es giebt noch ein anderes Kennzeichen, um den Zweifel zu beseitigen; es besteht darin, dass auf eine grosse von einem fühlbaren Herzschlag hervorgebrachte rasch vollendete Pulswelle eine kleine Erhebung und zwar in dem bezeichneten Abstand erfolgt. Geschieht dieses, so kann man diese Erhebung unbedenklich der Eigenschwingung zuschreiben und sie demgemäss bei der Pulszählung vernachlässigen.

Das Quecksilbermanometer kann aber nicht bloss die Zahl der Pulsschläge zu gross, sondern auch zu klein angeben. Die Möglichkeit dafür, dass durch die Trägheit des Quecksilbers die vorhandenen Pulsschläge verdeckt werden, tritt dann ein, wenn der Blutmasse energische Bewegungen von andrer Seite, als dem Herzen her, mitgetheilt werden. Am unverletzten Thier kann sich dieses nur ereignen, wenn der Brustkasten krampfhaft inspirirt und aus der höchsten Inspiration plötzlich in eine active Ausathmung übergeht.

Die krampfhafte Exspiration theilt vermöge der ausgiebigen und plötzlichen Entleerungen der Aorta dem Quecksilber eine so rasch aufsteigende Bewegung mit, dass durch die auf die Erhebungszeit fallenden Diastolen des Herzens keine deutliche Senkung der Quecksilbersäule ermöglicht wird. Die aufeinander folgenden Systolen des Herzens sind demnach durch keine absteigende Einbiegung von einander geschieden. Statt der letzteren erscheint, wenn der Anstoss, welcher von Seiten der Brustbewegung kommt, nicht allzugross, zwischen zwei aufeinander folgenden Herzschlägen ein Curvenstück, in welchem das Ansteigen eine geringere Beschleunigung zeigt. Aber auch diese Andeutung für eine vorhandene Diastole kann bei heftigen Hustenanfällen verschwinden. Die Wirkung einer krampfhaften Respirationsbewegung auf das Quecksilber ist leicht dadurch nachzuahmen, dass man bei geöffneter Brusthöhle die Aorta mit den Fingern rasch zusammendrückt und ebenso rasch den Druck wieder aufhebt. Beobachtungen während stossweiser Brustbewegungen sind darum für die Zählung der Pulse überhaupt nicht zu verwenden. Unter den von mir mitgetheilten Beobachtungen findet sich keine einzige, in welcher aus einem der genannten Gründe eine Verdeckung des Herzschlags sich hätte einstellen können.

2. Deutung der Angaben des Manometers. Die Erscheinungen, welche die Pulscurve darlegt, namentlich soweit sie den mittlern Druck betreffen, stellen nun keineswegs unmittelbar das dar, was gesucht werden soll. In der Regel wollen wir aus der Aenderung des Blutdrucks erschliessen, in wie weit und in welcher Anzahl die kleinen Zweige des Aortenbaumes contrahirt sind, wobei man von der Voraussetzung ausgeht, dass mit dem steigenden Druck die Zahl der contrahirten Arterien sowie die Verengerung jeder einzelnen im Wachsen begriffen sei. Dieser Schluss trifft jedoch nur unter wesentlichen Beschränkungen das Richtige.

Offenbar ist der jeweilige Druck nur ein Resultat aus dem Verhältniss, in welchem die Zu- und die Abflüsse zu einander stehen, die in und aus den grossen Arterien erfolgen. Auf eine Proportionalität zwischen der Grösse der Gefässverengung und der Höhe des mittlen Blutdrucks beziehungsweise auf eine Minderung des Abflusses könnte demgemäss nur dann geschlossen werden, wenn bei demselben Thiere während der Druckstei-

gerung die Füllung und die Schlagfolge des Herzens gleich verblieben. Da dieses nicht immer stattfindet, da im Gegentheil die Schlagfolge ganz ausserordentlichen Verschiedenheiten unterworfen ist, so darf die Drucksteigerung nur dann mit Sicherheit als ein Zeichen für den Eintritt einer ungewöhnlichen Contraction der kleinen Arterien gelten, wenn während der Zeit, in welcher der Druck anwächst, die Zahl der Herzschläge in der Zeiteinheit nicht vermehrt wurde. — Trotz dieser Beschränkung ist die Druckänderung als Kennzeichen für die Erhöhung und Ausbreitung der Arteriencontraction vorerst unersetzlich, denn es wäre ja ganz unthunlich die Grösse und Ausbreitung der Gefässverengung durch Blosslegung des Arteriensystems ermitteln zu wollen.

In vielen Fällen und namentlich wenn es sich um kleine Unterschiede handelt, lässt uns jedoch die Druckbestimmung als Kennzeichen der Gefässverengung im Stiche, namentlich dann, wenn das Druck erhöhende Element des beengten Arterienlumens durch das Druck vermindernde der verlangsamten Schlagfolge des Herzens wieder aufgehoben wird.

Wie aus den eben angegebenen Gründen die Deutung der gewonnenen Zahlenwerthe mit Unbestimmtheiten behaftet ist, so kann sie es auch noch aus einem andern werden. Die nächste Absicht, welche wir mit der Anwendung eines Reizes verbinden, besteht selbstverständlich darin, die Aenderung des mittlern Drucks und der Pulszahl zu erfahren, welche in Folge des Reizes auftritt. — Um ein Urtheil über die Richtung und Grösse dieser letztern Aenderung zu gewinnen, schlagen wir den Weg ein, dass wir die während der Reizung vorhandenen Werthe des Drucks und der Pulszahl mit denjenigen vergleichen, welche zu einer anderen Zeit vorhanden sind, in welcher der Nerv nicht erregt wurde. Bei diesem Verfahren machen wir stillschweigend die Voraussetzung, dass die Lebensbedingungen vor und während der Reizung nur durch die letztere von einander verschieden gewesen sind. Wie häufig sich diese Unterstellung im Irrthum befindet, weiss jeder, der an ein- und demselben Thier Druck und Pulsschlag längere Zeit hindurch beobachtet hat. Trotzdem dass die Thiere mit Curare vergiftet sind, dass die Athmung möglichst gleichmässig erhalten wird, dass man den Umfang und die Zahl der Operationswunden so klein als möglich gemacht, namentlich aber die Unterleibseingeweide und nur da,

wo es unumgänglich nothwendig wird, die Lungen blossgelegt hat, wird man nur zu oft sehen, dass während einer Beobachtungsdauer grosse Veränderungen im Druck und in den Pulszahlen eintreten. Da sich für diese Wandlungen im Erregungsgrad der Gefässnerven keine äussere Veranlassung auffinden lässt, so müssen sie, wie ich glaube, entweder der veränderten Temperatur, welche die künstliche Athmung in Verbindung mit der Curarevergiftung herbeiführt, zugeschrieben werden, oder clonischen Krämpfen, welche das Curare in den Nerven der Gefässe und des Herzens einleitet. Um einer Verwechslung dieser innern Schwankungen mit den durch den Reiz veranlassten vorzubeugen habe ich nur dann auf eine Abhängigkeit der eingetretenen Functionsänderung von dem Nervenreiz geschlossen, wenn sich dieselben alsbald nach dem Beginn des Reizes einstellten und während seines Bestehens mindestens 15—30 Secunden hindurch constant erhielten. — Zudem habe ich mit den Angaben während der Reizungen immer nur die verglichen, welche unmittelbar vor der Anwendung des Reizes vorhanden waren. — Sollte an demselben oder an verschiedenen Orten mehrmals hintereinander gereizt werden, so liess ich meist solange Zeit zwischen den beiden Reizen verstreichen, bis die Nachwirkungen des ersten Reizes, die innerhalb des Gefässnervensystems nie ausbleiben, vorübergegangen waren. Trotz alledem muss man oft auf die Gewissheit verzichten, dass kleinere Abänderungen, die während der Reizung eintreten, von dieser abhängen. Dieses gilt namentlich wenn die Beziehung zwischen dem gereizten Nerven und den geänderten Stromerscheinungen keine unmittelbare ist. Auf besondere Schwierigkeiten, die der letzte Fall bietet, komme ich nochmals zurück.

3. Beobachtungen. Da sich der Stamm des nerv. splanchnicus aus vielen Wurzeln zusammensetzt, so lag vor allen die Frage nahe, ob alle diese Wurzeln vasomotorische Nerven enthalten möchten, denn da unser Nerv auch noch für die Bewegung, Absonderung und Empfindung der Unterleibseingeweide von Bedeutung ist, so war es denkbar, dass sich seine gefässbewegenden Fasern nur auf einen Theil seiner Wurzeln beschränkten. Um hierüber Aufschluss zu erhalten, war es nothwendig als Versuchsthier den Hund zu wählen, weil sich nur

bei ihm die Wurzeln in gehöriger Länge freipräpariren liessen, um sie isolirt reizen zu können.

Alle Hunde, welche zu den Versuchen verwendet wurden, waren mit Curare narkotisirt; bei der Aufsuchung der Nerven wurde nicht allein jede Blutung sorgfältig vermieden, sondern auch dafür Sorge getragen, dass die Höhlen der Pleura und des Bauchfells nicht verletzt wurden, so dass weder die Lunge noch die Gedärme in die Wunde hineinkamen. Die Präparation des Nerven in seinem Verlaufe über die fünf untern Rippen bietet geringe Schwierigkeiten, anders verhält es sich mit den acht oberen. In der nachstehenden Versuchsreihe habe ich mich deshalb vorzugsweise mit den Wurzeln und dem Stamm des Nerven von der zehnten Rippe nach abwärts beschäftigt.

Um die Uebersicht über das, was meine Versuche ergeben haben, nicht durch zu grosse Zahlenreihen zu erschweren und dennoch nicht auf den Vortheil zu verzichten, den die Vorführung grösserer Versuchsreihen gewährt, habe ich es meist vorgezogen, die Ergebnisse meiner Versuche durch Proportionalzahlen auszudrücken. Jede der Zahlen, die alsdann in meinen Tabellen enthalten sind, ist also aus zwei andern hervorgegangen. Da diese Verhältnisszahlen jedoch nicht immer genügen, um alle Eigenschaften der durch den Versuch gewonnenen Daten darzulegen, so werde ich öfter von der ebengenannten Darstellungsweise abweichen, und den mittlern Druck und die Pulszahl durch ihre unmittelbar aufgefundenen Werthe darstellen. Die lateinischen Nummern, welche im ersten Stabe aller folgenden Tabellen enthalten sind, geben die fortlaufenden Nummern der Beobachtungsthiere an.

a. Reizung des peripherischen Stumpfes der Aeste und des Stammes.

Die Zahlen der folgenden Tabelle sind dadurch gewonnen, dass die Pulszahlen und der Mitteldruck vor der Reizung in die gleichnamigen Werthe während der Reizung dividirt wurden. Mit andern Worten, die mitgetheilten Zahlen drücken den Puls in der Zeiteinheit und den Mitteldruck während der Reizung aus, wenn man die vor der letzteren vorhandenen Schlagzahlen und mittlern Drücke gleich der Einheit setzt.

	Proportionale Aenderung des Drucks	Proportionale Aenderung des Pulses
Periphere Reizung des Stammes unterhalb der VII. Rippe.		
XL.	1,26	0,78
Nach Durchschneidung der Wurzel aus dem 7. Intercostalnerv.		
	1,02	0,5
Nach Durchschneidung der Wurzel aus dem 9. Intercostalnerv.		
	1,21	0,40
Unterhalb der 10. Rippe.		
IV.	1,24	0,50
VI.	1,49	0,46
VII.	1,20	0,38
Unterhalb der 11. Rippe.		
III.	1,09	1,10
	1,50	0,74
V.	1,35	0,75
Unterhalb der 12. Rippe.		
II.	1,48	0,20
	—	0,30
Unterhalb der 13. Rippe.		
VI.	1,15	0,36
	1,10	0,54
V.	2,03	1,57 *)
XVI.	1,17	0,78
	1,12	0,82
	1,06	0,78
XVII.	1,10	0,50
XXVII.	1,33	0,67
	1,07	0,40
	1,26	0,36
	1,36	0,66
Unterhalb des Zwerchfelles.		
XI.	1,39	0,50
XII.	1,11	1,00
	1,28	0,91
XIII.	1,20	0,80
	1,42	0,42
XIV.	1,30	0,69
XV.	1,23	1,02
	1,57	0,80

*) Dieser Versuch fällt dadurch auf, dass hier mit der Drucksteigerung eine so bedeutende Vermehrung der Pulszahl statt der erwarteten Verminderung derselben auftrat. Dieses ist um so unerwarteter als bei Reizung der Wurzel aus dem 10. n. intercostalis und bei Reizung des Stammes unter dem Zwerchfell an demselben Thier der Puls seltener wurde. Vielleicht erklärt sich das eigenthümliche Verhalten dadurch, dass der Druck vor der Reizung aus unbekannten Gründen auf 38 Mm. also sehr tief gesunken war und durch die Reizung nur auf 77 Mm. also auf einen sehr mässigen Werth gehoben wurde.

	Proportionale Aenderung des Drucks	Proportionale Aenderung des Pulses
Peripherische Reizung der Wurzeln.		
Wurzel vom 10. Intercostalnerv.		
V.	1,13	0,77
VI.	1,02	0,59
Wurzel vom 11. Intercostalnerv.		
II.	1,61	0,35
III.	0,95	0,86
VI.	1,09	0,61
Wurzel vom 12. Intercostalnerv.		
VI.	1,06	0,52

Eine Durchmusterung der vorstehenden Zahlen ergiebt, dass alle Wurzeln, welche überhaupt der Reizung unterworfen wurden, sich wesentlich gleichartig verhalten, und dass dasselbe mit dem Stamm des Nerven der Fall ist, gleichgültig, ob sein Querschnitt in der Höhe der 7ten Rippe oder unterhalb des Zwerchfelles gereizt wurde. Sie bewirken ohne Ausnahme, wenn sie gereizt werden, eine Erhöhung des Drucks und sie enthalten sonach sämmtlich Fasern, welche die Circularmuskulatur der kleinen Arterien zur Zusammenziehung anregen. Mit der Erhöhung des Drucks stellt sich in der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Beobachtungen eine Minderung der Pulszahl heraus. In einigen wenigen Fällen mindert sich zwar die Pulszahl nicht, trotzdem dass der Druck gestiegen; aber vielleicht nur darum weil der n. vagus nicht reizbar war. In einem einzigen dagegen (V. unterhalb der 13. Rippe) findet sich trotz einer beträchtlichen proportionalen Steigerung des Druckes eine Zunahme der Pulsfrequenz, aber dieser Fall erweist sich als ein sehr unsicherer, weil der Druck, welcher unmittelbar vor der Reizung vorhanden war, ungewöhnlich niedrig stand. Die Pulszahl vermehrte sich während der Reizung allerdings, aber sie stieg, wie die Beobachtung V. im Anfang nachweist, nicht über diejenige, welche in mehreren frühern Beobachtungen an demselben Thier während der Reizungs**pause** vorhanden gewesen war. Das Ansteigen der Pulszahl während der Reizung könnte sich dadurch erklären, dass das Herz während des vorherbestandenen niedern Drucks von dem Blute nicht genügend ernährt worden sei, sodass das Herz selbst unmittelbar erregt worden sei, als in Folge der Drucksteigerung ein stärkerer Strom durch seine Gefässe veranlasst wurde.

Die Verminderung der Pulszahl, welche nach Reizung der peripherischen Stümpfe des nerv. splanchnicus eintritt, ist ihrem grössten Theil nach von einer Wirkung auf die Hirnenden des nervus vagus abzuleiten. Dieses ergiebt sich einfach aus den folgenden Zahlen, die aus einer Versuchsreihe abgeleitet worden sind, in welcher die nervi splanchnici an ihrem peripherischen Stumpfe unterhalb des Zwerchfells gereizt wurden, bevor und nachdem die nervi vagi am Hals durchschnitten waren. Die nachstehenden Zahlen stellen abermals die Verhältnisswerthe des Drucks und der Pulse vor und während der Reizung dar, wobei die Werthe vor der Reizung gleich der Einheit angenommen wurden.

Periphere Reizung des Stammes vor und nach Durchschneidung der n. vagi am Halse.

	Druck	Puls	Bemerkungen
VII.	1,20	0,38	Vor Durchschneidung der n. vagi.
	1,30	0,83	Nach Durchschneidung.
	1,61	0,78	
XIII.	1,42	0,42	Vor Durchschneidung der n. vagi.
	1,22	0,88	Nach Durchschneidung.
	1,20	1,00	
XVI.	1,45	0,58	Vor Durchschneidung der n. vagi
	1,33	0.91	Nach Durchschneidung.
XXVI.	2,46	0,47	Vor Durchschneidung der n. vagi.
	1,19	0,77	Nach Durchschneidung der n. vagi.
Gleichzeitige periphere Reizung je eines des splanchnic. major u. minor nach Durchschneidung d. vagi.			
XVI.	1,50	0,75	

Obwohl nun die Reizung nach der vollbrachten Durchschneidung der n. vagi von einer viel geringern Verminderung der Pulsfrequenz begleitet ist, als sie es vor der Verletzung dieses Nerven war, so bleibt sie doch noch bestehen und mehrmals zeigt sich während der Reizung nach Durchschneidung noch eine um über 20 Procent verminderte Schlagzahl im Vergleich mit derjenigen, welche ohne Reizung bestand.

Diese Erscheinung dürfte zunächst auf die Drucksteigerung im Arteriensystem zu beziehen sein. Als einen Beleg für diesen Ursprung berufe ich mich auf die folgenden Zahlen, welche dadurch gewonnen sind, dass nach Durchschneidung der nervi vagi die Aorta oberhalb des Zwerchfells comprimirt wurde.

Compression der aorta thoracica nach Durchschneidung der n. vagi am Halse.

Relative Werthe des Drucks und der Pulszahl.

	Druck	Puls	Bemerkungen.
XV.	1,60	0,90	Vor der Compression = 1.
	1,80	0,94	Nach der Compression = 1.
XVI.	1,69	0,95	Vor der Compression = 1.
	—	0,80	
	3,31*)	1,03	Unmittelbar nach d. Compression = 1.
	—	0,86	
	1,60	1,14	Später nach der Compression = 1.
	—	0,96	

Der seltnere Puls während erhöhten Blutdrucks bei durchschnittenen n. vagis ist schon öfter beobachtet und von *Marey* und *Pokrowsky* dem Widerstand zugeschrieben worden, welchen das stärker gespannte Blut dem in der Zusammenziehung begriffenen Herzenmuskel entgegensetzt. Diese durch mannigfache Analogien sehr ansprechende Annahme will, wie es scheint, keineswegs auf die von mir beobachteten Fälle passen.

Der Puls wird nach Erhöhung des Blutdrucks keineswegs immer seltener, im Gegentheil trifft es sich öfter, dass der Puls häufiger wird. Diese Unbestimmtheit des Erfolgs spricht schon gegen ein so einfaches Abhängigkeitsverhältniss wie es die Hypothese von *Marey* verlangt. Wenn aber auch der Puls seltener wird, so tritt diese Erscheinung niemals mit der Druckerhöhung ein, sondern es besteht diese letztere regelmässig erst längere Zeit hindurch, bevor die Schlagzahl des Herzens vermindert wird. Ist dieses geschehen und hält alsdann die Druckerhöhung längere Zeit hindurch an, so kehrt meist der Puls wieder zu der Häufigkeit zurück, welche er vor der Druckerhöhung besessen. Dieses Verhalten erinnert an das ganz ähnliche, wel-

*) Sobald nach längerem Verschluss das Lumen der Aorta wieder geöffnet wird, sinkt der Druck plötzlich herab und geht merklich unter den Stand herunter, den er vor der Aortenschliessung eingenommen; allmählig erhebt er sich dann wieder auf seine Normalhöhe und überschreitet diese auch öfter nicht unbedeutend. Die vorstehende Proportionalzahl bezieht sich auf das Druckminimum als Einheit.

ches sich auch durch den erhöhten Druck bei erhaltenen n. vagis herstellt; man könnte darum wie dort an eine allmählig wachsende und wieder vergehende Reizung der Hirnenden, hier an eine solche der Herzenden des n. vagus denken. Diese Anschauungsweise wird noch unterstützt durch das Verhältniss zwischen der Dauer der Systole und der Diastole des Herzens. Wäre der Widerstand, der sich der Contraction entgegenstellt, die Ursache der seltneren Pulse, so würde man zu erwarten haben, dass eine wesentliche Verlängerung der Systole eintrete, während man auf eine Verlängerung der Pausen rechnen muss, wenn umgekehrt eine Vagusreizung innerhalb des Herzens die rasche Schlagfolge zügelt. Nun trifft es in der That auch hier gerade wie bei der centralen Vagusreizung ein, dass der Zeitraum von je zwei Pulsschlägen wesentlich durch eine Ausdehnung der Pause verlängert wird.

Reizung des centralen Stumpfes der Aeste und des Stammes.

Ich führe nun die Thatsachen vor, welche ich durch Reizung der Wurzeln und des Stammes am centralen Stumpfe des durchschnittenen n. splanchnicus erhalten habe. Die folgenden Zahlen sind abermals proportionale, wobei die Werthe des Pulses und des Blutdrucks vor der Reizung gleich 1 gesetzt wurden.

Reizung des durchschnittenen n. splanchnicus am centralen Ende.

	Druck	Puls	Bemerkungen.
	Stamm an der 7. Rippe.		
XL.	1,07	1,00	
	Stamm an der 10. Rippe.		
IV.	1,29	0,69	
VI.	1,40	0,51	
	1,44	0,68	
	Stamm an der 11. Rippe.		
V.	1,05	0,75	
	Stamm an der 12. Rippe.		
II.	1,16	0,55	
IX.	—	0,60	Federmanometer.
	Stamm an der 13. Rippe.		
II.	1,11	0,65	
	1,37	0,80	

	Druck	Puls
Stamm an der 13. Rippe.		
V.	1,37	1,27
VI.	1,00	0,96
XVI.	1,63	1,05
	1,59	1,30
	1,70	1,05
XVII.	1,19	0,53
Stamm unterhalb des Zwerchfells.		
I.	1,95	0,39
	1,73	0,28
	1,79	0,74
XI.	1,27	0,67
XII.	0,98	0,76
	1,06	0,88
XIII.	1,46	1,00
Wurzel vom 10. Intercostalnerv		
V.	1,44	0,89
VI.	1,10	0,83
Wurzel vom 11. Intercostalnerv.		
II.	0.96	0,63
V.	0,94	1,11
VI.	1,17	0,68
Wurzel vom 12. Intercostalnerv.		
VI	1,11	0,65

Diese Zahlen bestätigen für die Pulszahl das, was man seit den Beobachtungen von *Goltz* und *Bernstein* an dem Frosch und dem Kaninchen wusste, auch am Hund. Der Puls wird zwar nicht immer, aber doch in weitaus den meisten Fällen durch die Reizung des centralen Stumpfes verlangsamt. Andererseits zeigen auch die vorstehenden Versuche, dass der Blutdruck durch die nach dem Centrum gesandte Reizung bedeutend emporgetrieben werden kann. Diese Erscheinung bringt unsere Nerven in Analogie mit vielen andern sensiblen. Bekanntlich zeigte *Lovén*, dass bei unversehrten n. vagis eine central gerichtete Reizung sensibler Rückenmarknerven eine Verminderung der Pulszahl und eine Erhöhung des mittlern Blutdrucks herbeiführen könne. Da der n. splanchnicus insbesondere der des Hundes sehr empfindlich ist, so ordnet sich, wie wir schon bemerkt, seine reflectorische Wirkung auf die Vasomotoren unter die der sensiblen Nerven ein.

Ueber die Gefässnerven, welche durch den n. splanchnicus reflectorisch erregt werden.

Bei den oft sehr beträchtlichen Steigerungen des Blutdrucks in der vorstehenden Versuchsreihe war selbstverständlich einer der beiden Splanchnici durchschnitten. Trotzdem also, dass eine der wichtigsten Bahnen für die reflectorische Gefässverengung ausgeschaltet war, hatte sich dennoch die oft bedeutende Druckerhöhung eingefunden. Darum schien es der Mühe werth zu versuchen, ob die central gerichtete Reizung nach Durchschneidung der beiden Splanchnici auch noch eine Steigerung des Drucks hervorbringen könne. Dass dieses möglich, zeigen die folgenden Proportionalzahlen, in welchen, wie bemerkt, einer der centralen Stümpfe nach Durchschneidung beider Splanchnici unterhalb der 13. Rippe gereizt wurde.

Reizung des centralen Stumpfes eines der beiden n. splanchnici bevor und nachdem auch der anderseitige durchschnitten war.

	Druck	Puls	Bemerkungen.
XVII.	1,25	0,44	vor } Durchschneidung des andern.
	2,16	0,48	nach } Durchschneidung des andern.
	1,15	0,75	nach } Durchschneidung des andern.
VIII.	1,09	0,80	rechts } beide Splanchnici vor 21 Tagen durchschnitten.
	1,19	0,85	links } beide Splanchnici vor 21 Tagen durchschnitten.
X.	1,28	0,20	rechts beide Splanchnici vor 38 Tagen durchschnitten.

Aus diesen Thatsachen muss man schliessen, dass sich die reflectorische Wirkung unsers Nerven sehr weit verbreitet und dass beim Hund die Bedeutung der übrigen verengten Gefässnerven nicht so sehr gegen die des n. splanchnicus zurücktritt, wie es beim Kaninchen der Fall zu sein scheint.

Verschiedenheit der Erfolge nach Reizung des peripheren und centralen Stumpfes des n. splanchnicus.

Auf den ersten Blick könnte man nun denken, dass die Reizung am centralen und peripheren Stumpfe der durchschnittenen nn. splanchnici zu durchweg gleichen Ergebnissen führe,

indem beide die Pulszahl mindern und den Druck erhöhen; dennoch besteht zwischen den Folgen der beiden Reizungen ein bemerkenswerther Unterschied. Es tritt dieser letztere recht augenfällig hervor, wenn man die beiden Stümpfe desselben Nerven, nachdem man sie sorgfältig auf eine längere Strecke hin isolirt hat, abwechselnd auf dieselben Electroden legt. Indem man dieses thut, wird man in der Regel gewahren, dass durch die Reizung des centralen Stumpfes nicht allein der Druck ein höherer, sondern auch die Zahl der Pulse eine grössere wird, als dieses während der Reizung des peripheren Stumpfes der Fall war. Diese Erscheinung habe ich ausnahmslos beobachtet, vorausgesetzt, dass die Thiere nicht allzutief durch Curare narkotisirt waren. Eine kleine Reihe von Proportionalzahlen, wobei Druck und Puls während des central gerichteten Reizes gleich 1 gesetzt werden, mag diese Erscheinungen veranschaulichen.

Beob.-Nr.	Reizungs-art.	Druck in Mm. Hg.	Puls in d. Zeiteinheit	Verhältniss peripher/central Druck	Verhältniss peripher/central Puls
XI.	peripher	128	41	0,91	0,86
	central	140	47,5		
	peripher	139	42	0,99	0,88
	central	149	57	0,93	0,74
XVI.	peripher	162	52	0,72	0,74
	central	226	70		
	peripher	189	67	0,83	0,95
	central	221	87,5	0,86	0,77
	peripher	211	55	0,95	0,62
	central	236	70	0,89	0,79
	peripher	200	52,5	0,84	0,75

Noch besser als diese Zahlen wird die Copie einer Pulscurve den Unterschied der Erscheinungen blosslegen. Die Gerade, welche unter der Curve gezogen ist, war 70 Mm. von der Abscisse entfernt; sie entspricht also einem Druck von 133 Mm. Hg. Die Buchstaben *p* und *c* geben an, wo die Reizung des peripheren und des centralen Nervenstumpfes begann; bei -7- sind sieben Pulse aus der ursprünglichen Curve ausgelassen. Der Anfang der Curve liegt oben.

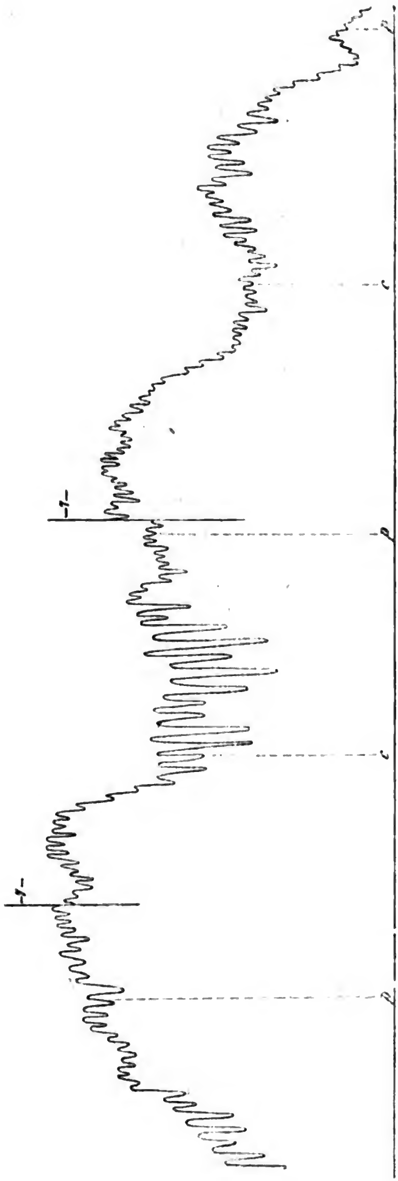


Fig. 1.

Von den Ursachen der verschiedenen Wirkungen.

Da bei der central gerichteten Reizung der Druck ebenso hoch und noch höher anwuchs, als bei der peripher gerichteten und da trotzdem bei der ersten Reizungsart die Pulszahl eine geringere war als bei der letzteren, so musste offenbar zu der Druckerhöhung bei einem der beiden Stümpfe noch ein andrer Umstand hinzutreten, welcher den Puls regelte. Mit andern Worten: Bei der central gerichteten Reizung muss entweder ein Moment zum Vorschein kommen, welches den Wirkungen des Blutdrucks auf die Wurzeln des Vagus entgegentritt oder bei der peripher gerichteten Reizung ein solches, das die besagte Wirkung des Drucks unterstützt.

Indem ich mich dazu anschickte, diese Alternative zu entscheiden, schien es mir zweckmässig, zuerst danach zu suchen, ob durch die peripher gerichtete Reizung ausser dem Blutdruck noch andere Umstände herbeigeführt würden, durch welche die Wurzeln des Vagus erregt werden könnten.

Bei einer Ueberschlagung der Möglichkeiten, welche während der peripheren Reizung noch eine Rückwirkung auf das Vaguscentrum üben können, war vor allem an eine secundäre Nervenerregung zu denken und zwar entweder an eine secundäre Reizung der Endverzweigungen anderer sensibler Nerven der Unterleibseingeweide oder an eine Erregung dieser letztern Nerven durch reflectorische Uebertragung innerhalb der Ganglien.

In der That führt die Reizung am peripherischen Stumpf des Splanchnicus zwei andere Wirkungen ein, wie namentlich die Blutleere und unter Umständen Bewegungen in der Darmmuskulatur, durch welche die Enden des anderseitigen nerv. splanchnicus, des nervus vagus und der sensiblen Fasern des Grenzstranges erregt werden konnten. Insofern aber der Splanchnicus mit allen den genannten Nerven innerhalb der Unterleibsganglien Verbindungen eingeht, konnte auch hier eine Uebertragung der Erregung zu Stande kommen. Dieser Ueberlegung gemäss begann ich eine Reihe von Versuchen, die einerseits die vasomotorischen Eigenschaften der genannten Nerven feststellen und die andrerseits darthun sollten, was die peripher gerichtete Reizung des n. splanchnicus noch zu leisten vermag, nachdem die genannten Nerven jenseits der Unterleibshöhle durchschnitten waren. Mein Vorhaben schien mir um so ge-

rechtfertigter, als ich durch seine Ausführung Gelegenheit fand, über die vasomotorischen Eigenschaften der übrigen Unterleibsnerven Aufschluss zu erhalten, was um so nothwendiger war, weil von anderer Seite her die gefässbewegenden Eigenschaften der sympathischen Unterleibsnerven in Frage gestellt worden waren. Die eingehenden Beobachtungen, auf welche ich hier hindeute, finden sich in *v. Bezolds* Werk, Untersuchungen über die Innervation des Herzens 1863. In jenen Versuchen war ein Schnitt in der Höhe des Atlas durch das Rückenmark geführt, und ausserdem ein zweiter weiter unten durch das Brust- oder Lendenmark. Eine Reizung des Markes unmittelbar unter dem zweiten Schnitt z. B. am zweiten Lendenwirbel erhöhte den Druck und die Pulszahl. Dieser Erfolg blieb aus als darauf der Grenzstrang am 8. Brustwirbel durchschnitten war und kehrte erst wieder, wenn der Grenzstrang oberhalb der Durchschnittsstelle erregt wurde. Ist diese Beobachtung richtig, so haben die aus dem Lendenmark austretenden sympathischen Fasern mit den Gefässnerven nichts gemein.

Zuerst wendete ich mich zur Reizung und Durchschneidung des nervus vagus in der Brusthöhle kurz vor seinem Durchtritt durch das Zwerchfell. Bei der Schwierigkeit isolirt reizen zu können habe ich nur einen Versuch angestellt, dessen Resultat die folgenden Proportionalzahlen darlegen.

Druckwerthe und Pulszahlen vor der Reizung gleich 1.

	Druck	Puls	Bemerkungen
XV.	1,61	0,93	central rechts
	1,21	1,00	central links
	1,00	0,96 1,00	peripher rechts.

Man erkennt aus den mitgetheilten Zahlen, dass die central gerichtete Reizung eine Erhöhung des Drucks herbeiführt, dass die peripher gerichtete dagegen dieses nicht zu thun vermag. Wenn trotz der Drucksteigerung bei der central gerichteten Erregung keine Verlangsamung des Pulses eintrat, so ist dieses möglicher Weise einer bei diesem Thier vorhandenen Lähmung der centralen Herzfasern des Vagus zuzuschreiben; diese halte ich darum für sehr wahrscheinlich, weil auch bei allen übrigen

Reizungen mit folgender Drucksteigerung, die ich an diesem Thier vornahm, keine Pulsverlangsamung zum Vorschein kam.

Obwohl nun der vorige Versuch darthat, dass die Reizung des Bauchtheils des n. vagus reflectorisch erregend auf die Vasomotoren wirken kann, so zeigte eine zweite Versuchsreihe, dass die Durchschneidung des nervus vagus oberhalb des Zwerchfells ohne allen Einfluss auf die Reihe der Erscheinungen ist, welche durch die Tetanisirung des peripheren Splanchnicus-Stumpfes hervorgebracht werden, dieses lehrt sogleich ein Blick auf die nachstehenden Zahlen.

Reizung des peripheren Splanchnicus-Stumpfes vor und nach Durchschneidung der n. vagi in der Brusthöhle.

	Druck	Puls	Bemerkungen
XIV.	1,29	0,75	vor Durchschneidung d. vagi.
	1,26	0,78	nach Durchschneidung d. vagi.
XVI.	1,53	0,61	vor Durchschneid. d. vagi, d. Maxim. d. Wirkung.
	1,56	0,73	nach Durchschneidung d. vagi.
XVII.	1,20	0,50	vor } Durchschneidung d. vagi.
	2,08	0,31	nach } Durchschneidung d. vagi.
	1,26	0,41	

Aus den Zahlen geht hervor, dass vor und nach Durchschneidung der nervi vagi in der Brusthöhle der erregte Splanchnicus die Blutdrücke und die Pulse gleichmässig beeinflusste.

Hierauf wendete ich mich zu einer ähnlichen Versuchsreihe am nervus splanchnicus minor.

Die Reizung am centralen und peripheren Stumpf des durchschnittenen splanchnicus minor gab, wie die folgenden Proportionalzahlen darthun, sehr ähnliche Resultate, wie sie auch der splanchnicus major erkennen liess, Erhöhung des Drucks und Verminderung der Pulszahl.

Die Prüfungen des splanchnicus minor.

	Druck	Puls	Bemerkungen
			Splanchnicus minor.
XI.	1,31	0,92	central
	1,43	1,04	peripher
XII.	1,18	0,80	central
	1,17	0,71	peripher
XIII.	1,27	1,15	central
	1,16	0,66	peripher

Als darauf vor und nach Durchschneidung des n. splanchn. minior der periphere Stumpf des durchschnittenen n. splanchnicus major gereizt wurde, stellten sich keine Unterschiede in der Wirkung des letztern ein. Ganz dieselben Resultate erhielt ch bei den Reizungen des Grenzstrangs und seiner Wurzeln in der Unterleibshöhle, sei es, dass ich die Wurzel

Reizung des durchschn. Grenzstrangs in der Unterleibshöhle.

	Druck	Puls	Bemerkungen
XI.	1,00	1,00	central
	1,35	1,00	peripher
XII.	1,00	0,62	peripher
XIII.	1,37	0,54	peripher
Die folgenden central ein n. splanchnicus major durchschn.			
XXIV.	0,84	0,46	1. Lendenwurzel
XXV.	1,50	0,76	1. Lendenwurzel
	1,41	0,66	2. Lendenwurzel.
	1,31	0,65	

für sich reizte, oder dass ich nach Ausrottung sämmtlicher Wurzeln des Lendengrenzstrangs auf einer oder beiden Seiten, den peripherischen Stumpf des nervus splanchnicus major tetanisirte.

Reizung des peripheren splanchnicus major nach Durchschneidung der Wurzeln des Grenzstrangs.

	Druck	Puls	Bemerkungen
In diesem Fall war der Grenzstrang der andern Seite erhalten.			
XXV.	1,47	0,53	vor Durchschneidung der Wurzeln.
	1,32	0,30	nach Durchschneidung der Wurzeln.
Der Grenzstrang der andern Seite bis zur 5. Wurzel zerstört, dann der Reihe nach die Wurzeln derselben Seite.			
XXVI.	2,46	0,47	vor Zerstörung.
	1,48	0,66	nach Zerstörung von 1 Wurzel.
	1,37	0,50	» » » 2 »
	1,30	0,64	» » » 3 »
	1,67	0,51	» » » 4 »
	1,91	0,55	» » » 5 »

Den soeben mitgetheilten Versuchsreihen gemäss enthalten also nicht bloss die nn. spl. majores, sondern auch die minores und sämmtliche Wurzeln des Grenzstrangs Fasern, welche die Arterien des Unterleibes im ausgedehntesten Maasse zu verengen

vermögen. Somit stehen die genannten Gefässe durch eine ganz ungewöhnliche Anzahl von Nervenstämmen in Abhängigkeit von den vasomotorischen Centren. Spätern Untersuchungen muss es vorbehalten bleiben, darzuthun, ob sich auch, sei es in ihren centralen oder peripheren Beziehungen diese Stämme gleichartig verhalten, oder ob die einzelnen derselben nur unter gewissen Umständen, bei denen andere ruhend bleiben, in Erregung gerathen, oder ob jede derselben andere besondere Provinzen der Unterleibsgefässe beherrscht.

Der nächste Zweck, aus dem ich die Durchschneidung der Nerven unternommen hatte, die ausser dem n. splanchnicus major noch in die Unterleibshöhle eintreten, bestand, wie man erinnern wird, darin, nachzusehen, ob vielleicht der Reizungszustand des peripheren Theiles des n. splanchnicus major Erregungen in andern Unterleibsnerven hervorrufen möchte, und ob durch diese secundären Erregungen vielleicht die stärkere pulsverlangsamende Wirkung erklärt werden könnte, welche die Reizung des peripheren Splanchnicus-Stumpfes vor der des centralen voraus hatte. Aus den vorliegenden Daten hatte sich nun schon der Reihe nach ergeben, dass es für die Erfolge, welche die Tetanisirung der peripheren Verbreitung des splanchnicus major bedingt, gleichgültig ist, ob die übrigen Unterleibsnerven unverletzt oder durchschnitten sind. Hieraus darf man den Schluss ableiten, dass die peripherisch gerichtete Reizung des n. splanchnicus maj. in ihrer Wirkung auf die Hirnenden des n. vagus keine Unterstützung erfährt durch secundäre Reizungen der übrigen Unterleibsnerven.

Ich glaubte mich jedoch mit den bisherigen Beweismitteln noch nicht zufrieden stellen zu dürfen, da bei der Ausrottung so zahlreicher Nervenwurzeln noch immer der Verdacht bestehen konnte, ob die Operation überall nach Wunsch gelungen sei. Diesem Einwand entgeht man, wenn man das Rückenmark in dem Brusttheil oder in der obern Partie der Lende durchschneidet. Zu dieser Operation wählte ich das des Kaninchens, an denen sich dieselbe vorzugsweise leicht ausführen lässt. Auch bei diesen Thieren liess die Reizung am peripheren Stumpf des nerv. splanchnicus keinen Unterschied erkennen, ob sie vor oder ob sie nach der Durchschneidung des Rückenmarks ausgeführt war. Die folgenden Proportionalzahlen werden diesen Ausspruch billigen.

Kaninchen.

Reizung des peripheren Stumpfs vom n. splanchnicus major unterhalb des Zwerchfells vor und nach Durchschneidung des Rückenmarks.

	Druck	Puls	Bemerkungen.
Halsmark zwischen V u. VI. Halswirbel durchschnitten.			
XIX.	1,39	0,48	vor Rückenmarkdurchschneidung.
	—	0,63	nach » »
Lendenmark zwischen I u. II.			
XXVIII.	1,13	0,91	vor Rückenmarkdurchschneidung.
	1,38	0,85	nach » »
Lendenmark zwischen II u. III.			
XXI.	1,22	0,83	nach Rückenmarkdurchschneidung.
Lendenmark zwischen III u. IV.			
XXIII.	1,20	0,63	vor Rückenmarkdurchschneidung
	1,52	0,58	nach » »
Lendenmark am Halswirbel durchschnitten.			
XXI.	1,38	—	vor Rückenmarkdurchschneidung.
	1,24	0,51	nach » »

Nach diesen Versuchen mit Durchschneidung des Rückenmarks steht es nun, wie ich glaube, über allem Zweifel fest, dass der tetanische Zustand in der peripherischen Verbreitung des n. splanchnicus ohne Zuhülfenahme anderer Unterleibsnerven den Herzschlag so bedeutend, wie er es in der That thut, verlangsamt. Somit bleibt nur die Annahme übrig, dass die Herabsetzung der Pulsfrequenz während der Tetanisirung des genannten Nervenstücks von der Steigerung des Blutdrucks abhängig sei. Um diesen wie ich glaube wichtigen Satz ausser Frage zu stellen, habe ich es unternommen, den directen Beweis hierfür zu liefern.

Um darzuthun, dass die Tetanisirung des Splanchnicus nur darum den Puls ändert, weil sie den Blutdruck erhöht, wird man naturgemäss so zu verfahren haben, dass man die Reizung einschaltet ohne hierdurch den Druck zu ändern. Um dieser Bedingung zu genügen, lassen sich, wie es mir schien, drei Wege einschlagen. Ich habe sie alle drei betreten und ich werde nun die Resultate der Reihe nach mittheilen, um so mehr, weil auch die Beobachtungen, welche nicht zu dem gewünschten Ziele führten, andere neue Erscheinungen am Blutkreislauf aufdecken.

Man sollte erwarten, dass nach der Compression der Aortenlichtung oberhalb des Zwerchfells der Blutdruck so hoch gesteigert würde, dass er durch einen Reiz, der am peripheren Stumpfe des n. splanchnicus wirkt, nicht mehr emporgetrieben werden könnte. Wäre dieses eingetreten, so hätte die zum Aortenschluss hinzugekommene Tetanisirung des Splanchnicus keine Veränderung in der Pulszahl erzeugen dürfen, wenn sie die letztere nur durch Aenderung des Blutdrucks beeinflusste. Keine dieser Voraussetzungen hat jedoch der Versuch bestätigt.

Den Versuch selbst richtete ich so ein, dass ich von einem erfahrnen Gehülfen die Aorta eines mit Curare vergifteten Hundes unmittelbar über dem Zwerchfell dauernd zusammendrücken liess und währenddess abwechselnd den peripheren Stumpf des durchschnittenen n. splanchnicus bald auf die tetanisirten Electroden legte, und bald auch davon entfernte. So oft ich diesen Versuch an mehreren verschiedenen Hunden ausführte, so oft fand ich, dass sich der Druck erhöhte, wenn zu der Aortencompression der Tetanus des Splanchnicus hinzukam. Die folgenden Zahlen, welche das unmittelbare Beobachtungsresultat darlegen, lassen erkennen, dass die Drucksteigerung, welche die Reizung des Splanchnicus veranlasste, zuweilen gering, zuweilen aber auch nicht unbeträchtlich ist.

Aorta thoracica dauernd zu. Reizung des peripheren Splanchnicus-Stumpfes variabel.

	Reizung	Druck	Puls
XX.	ohne	112	44
	mit	120	30
	ohne	108	17
	ohne	—	20
	mit	—	30
	ohne	—	22
	ohne	165	50
	mit	191	22
	ohne	—	20
	ohne	—	26
	mit	—	36
	ohne	—	20
	ohne	154	77
	mit	175	56
	mit	193	27,5

	Reizung	Druck	Puls
	ohne	184	16
	mit	196	30
	ohne	181	30
	mit	190	40
	ohne	185	42,5
XXVII.	ohne	146	36
	mit	138	44
	ohne	134	41
	mit	151	41
	ohne	150	26
	mit	155	31

Dieses Anwachsen des Drucks scheint mir zu beweisen, dass nach der Verschliessung der Brustaorta der Gefässbezirk noch durch collaterale Gefässe gespeisst wird, welcher in unmittelbarer Abhängigkeit vom n. splanchnicus steht. Einen andern Erklärungsgrund halte ich darum für unmöglich, weil die peripher gerichtete Reizung des n. splanchnicus nichts anderes als den Verschluss in den Unterleibsgefässen herbeizuführen vermag.

Zu dem an und für sich unerwarteten Resultate der Drucksteigerung trat aber häufig noch ein anderes auffälligeres, das sich auf die Pulszahl bezieht. Wenn zum Verschluss der Aorta die Reizung des Splanchnicus hinzukam, so blieb in einigen wenigen Fällen die Pulszahl dieselbe, trotzdem dass der Druck wuchs. In einem andern nahm bei dem gleichen Verhalten des Drucks die Pulszahl mit dem hinzutretenden Reize ab, und in noch andern und zwar in den häufigsten Fällen mehrte sich die Zahl der Pulsschläge, trotzdem dass auch hier wie in den vorhergehenden Fällen der Druck gestiegen war. Der Grund, warum durch die Reizung des peripheren Stumpfes unsers Nerven der Puls beschleunigt wird, ist mir vollkommen dunkel geblieben. Man könnte daran denken, dass der Puls nach Art einer Maximalfunction vom Druck abhängig sei. Dem entsprechend würde die Zahl der Herzschläge zunächst mit dem Ansteigen des Drucks abnehmen und dann mit dem weitersteigenden Druck wieder anwachsen. Das Minimum der Schlagzahlen müsste also nicht beim Maximum des Druckes, sondern bei einem Werthe unterhalb desselben eintreten. Gegen diese Annahme sprechen aber

die zuletzt vorgelegten Zahlen. Sie zeigen nehmlich wiederholt, dass gerade dann durch die eingetretne Reizung ein Absinken der Schlagzahl herbeigeführt wird, wenn die durch diese Reizung bewirkte Ansteigung des Blutdrucks eine sehr bedeutende war, und dass öfter gerade dann eine Vermehrung der Pulsschläge zum Vorschein kommt, wenn der Druckzuwachs in folgender Reizung nicht sehr beträchtlich war.

Um jedoch die eben erwähnte Hypothese noch weiter zu prüfen, verfuhr ich auch noch umgekehrt wie in den letzten Versuchen, d. h. ich setzte den Nerven dauernd dem tetanisirenden Strome aus und öffnete und schloss abwechselnd die Gefässlichtung. — Der Aortenverschluss, der nun zur Reizung hinzutrat, erhob regelmässig den Druck, wie zu erwarten, aber zugleich mit dieser Drucksteigerung, gleichgültig, wie beträchtlich sie war, sank nun die Zahl der Pulsschläge.

Reizung des periph. Splanchnicus dauernd, Aorta thoracica wechselnd auf und zu.

	Aortenlichtung	Druck	Puls	Bemerkungen.
	zu	175	56	
	auf	112	70	Brustaorta.
	auf	160	27	
	zu	193	27,5	
XX	auf	116	57,5	
	zu	154	24	
	auf	134	14	Aorta abdominalis.
	zu	129	24	
	auf	120	22	
XXVII	auf	120	42,5	
	zu	142	24	
	auf	113	42	
	zu	171	22	Brustaorta.
	auf	130	36	
	zu	147	18	

Aus diesen Versuchen ergiebt sich der bis dahin unbekannte Satz, dass es für die Pulszahl nicht gleichgültig ist, wie die Steigerung des Blutdrucks zu Stande kommt.

Wie man aber auch die Ergebnisse der vorstehenden Versuche erklären will, so viel steht fest, dass sie im Intereess meines Vorhabens nicht zu verwenden sind. Ich betrat des

halb einen andern Weg, dem das Princip des Aderlassens zu Grunde lag.

In meiner ersten Versuchsreihe wendete ich diesen Grundsatz in der Weise an, dass ich aus einer grössern Arterie das Blut in eine grössere Vene, wie namentlich aus der arteria carotis in die vena jugularis, oder aus der arteria cruralis in die vena cruralis überströmen liess. Um diesen Reizungsversuch nach Belieben bald bei normal gerichteten und bald bei unmittelbarer Verbindung der genannten Venen und Arterien ausführen zu können, setzte ich in die Arterie ein T-förmiges Rohr, in dessen Winkel ein T-förmig durchbohrter Hahn stand. Die zwei Schenkel dieses Rohrs waren in die beiden Enden der durchschnittenen Arterie eingesetzt, der dritte Schenkel mündete durch ein Zwischenstück in die angeschnittene Vene. Je nach der Stellung des Hahns konnte das aus dem Herzen kommende Blut entweder seinen gewöhnlichen Weg durch die Arterie hindurch nehmen, oder es musste durch die Vene hindurch sogleich zum Herzen zurückkehren.

Ueberschlägt man die Bedingungen, unter denen der Blutstrom im letztern Falle (offene Verbindung zwischen Arterie und Vene) steht, so erkennt man sogleich, dass in ihm ein Moment existirt, durch welches der Druck im Aortensystem herabgesetzt werden muss. Dieses ist dadurch gegeben, dass aus dem Binnenraum der Arterie eine weite Oeffnung gegen einen Ort niedern Druckes mündet; der rasche Abfluss des Blutes, der hierdurch aus den Arterien heraus eingeleitet wird, muss selbstverständlich darauf hinwirken, den Druck innerhalb des Aortensystems zu erniedrigen. Anderseits aber wird das Blut, welches aus der Arterie auf kürzestem Wege wieder dem Herzen zugeführt wird, dazu beitragen, den Nutzeffect desselben zu vergrössern, indem hierdurch die Masse der Flüssigkeit gesteigert wird, die aus dem Herzen in das Arteriensystem übergehen kann.

Es lässt sich nun schwer im Voraus sagen, wie weit sich der Druck in den Arterien durch die Eröffnung des neuen Weges ändern lässt. Ich rechnete bei Beginn meiner Versuche nur auf eine schwache Druckänderung; in wie weit ich mich getäuscht, zeigen die nachstehenden Zahlen, welche die wahren Werthe des Drucks und der Pulsschläge angeben, während der Strom seinen normalen und den neueröffneten Weg eingeschlagen

hatte. In der Zeit, in welcher diese Zahlen gewonnen wurden, bestand keine Nervenreizung.

Ueberleitung aus der arteria carotis in die vena jugularis.

	Verbindung	Druck	Puls
XXIX.	geschlossen	193	40
	offen	169	83
	geschlossen	181	95
	geschlossen	160	95
	offen	209	39
	geschlossen	173	82
	geschlossen	156	76
	offen	192	60
Ueberleitung aus den arteriae in die venae crurales.			
	geschlossen	76	80
	offen	115	65
	offen	104	47

In der Mehrzahl der Fälle war der Druck grösser und die Pulszahl geringer, wenn die Verbindung zwischen der Arterie und Vene offen stand, als zu der Zeit, in welcher das Blut seinen gewohnten Weg durch die Arterie nahm. Da der Druck im Arteriensystem nur dann anwachsen kann, wenn der Zufluss den Abfluss übersteigt, so geht aus meinen Beobachtungen hervor, dass in der That die im Aortensystem anwesende Flüssigkeit wächst, wenn ein Theil seiner Strombahnen abgekürzt wird. Um diese Erscheinung zu erklären, wird man zu der Annahme greifen müssen, dass von dem Blute, welches aus den Körpervenen kommt, die auf normale Weise gespeisst werden, ein Theil in dem Aortensystem zurückbleibt, und zwar darum, weil es wegen der unterbrochenen Arterienbahnen nicht in die peripherischen Theile, sondern unmittelbar wieder ins Herz geführt wird.

Als ich nun wechselnd bald bei offener Verbindung zwischen Arterie und Vene, und bald bei normalem Stromlauf das periphere Ende des Splanchnicus reizte, machte ich die Bemerkung, dass, wenn der Reiz hinzutrat, während die Verbindung offen war, der Druck nur sehr wenig oder gar nicht anstieg, dass dagegen in derselben Beobachtungsreihe und zwar unmittelbar vor und nach dem zuletzt angegebenen Versuch der

Druck anwuchs, wenn der Strom seinen normalen Weg durch die Arterie nahm. Ich habe in der angegebenen Weise leider nur zwei Versuche angestellt. Aus diesen ziehe ich die betreffenden Zahlen hier an.

Verbindung zwischen Carotis und Jugularis.

	Verbindung zwischen Arterie und Vene	Reizung des n. splanchnicus	Druck	Puls
XXIX.	geschlossen	ohne	193	40
		während	216	25
	offen	ohne	169	83
		während	181	38
	geschlossen	ohne	181	95
		während	237	50
	geschlossen	ohne	160	95
		während	213	48
	offen	ohne	209	39
		während	199	47
	geschlossen	ohne	172	83
		während	219	40
	geschlossen	ohne	156	76
		während	203	60
	offen	ohne	192	60
		während	187	59

Verbindung der beiden art. crurales und venae crurales.

	Verhalten der Communication	Reizung	Druck	Puls
XXX.	geschlossen	ohne	76	80
		während	102	63
	offen	ohne	116	65
		während	110	47
	offen	ohne	104	47
		während	110	45

Ich unterlasse es, eine scheinbar naheliegende Hypothese aufzustellen, warum sich die Reizung des peripheren Endes vom n. splanchnicus bei offener Verbindung zwischen Arterie und Vene wiederholt unwirksam für die Druckerhöhung gezeigt hat, denn hierzu reichen meine Erfahrungen nicht aus. Wie gering aber auch ihre Zahl sein mag, so zeigt sich doch, dass

die Reizung am peripheren Ende des nerv. splanchn. keine Aenderung in der Pulszahl hervorbringt, wenn vermöge der übrigen Kreislaufbedingungen durch diese Reizung kein Anwachsen des Blutdrucks erzielt wird.

Zu dem ganz entsprechenden Resultate führte mich auch noch eine andere Methode des Aderlasses. Bei dieser setzte ich ein gerades Röhrchen, das in seiner Mitte einen Hahn trug, in das centrale Ende einer durchschnittenen Carotis des Hundes, nachdem das periphere Ende dieser Arterie zugebunden war. An das freie Ende des Metallröhrchens band ich die luftleere ausgewaschene feuchte Harnblase eines kleinen Thieres. Wenn der Hahn offen stand, so floss das Blut der Arterie in die vorgelegte Blase ab. Hatte ich nach dem Aderlass die von mir beabsichtigten Versuche ausgeführt, so konnte ich, wenn ich nach Wiedereröffnung des Hahns die Harnblase zwischen den Fingern drückte, das Blut in die Carotis zurückbefördern. Auf diese Weise war es möglich, an demselben Thier mehrmals hintereinander den Splanchnicus zu reizen, während es seine normale Blutmenge besass, oder durch den Aderlass einen Theil derselben eingebüsst hatte.

Versuchsreihen, welche nach diesen Angaben angestellt werden, liefern die mannichfachsten Druck- und Pulswerthe. Beginnt man bei noch geschlossener Carotis den Versuch mit der Reizung des n. splanchnicus, so steigt der Druck rasch empor, öffnet man nun aber, während die Reizung fortbesteht, den Hahn und lässt das Blut in die Blase strömen, so sinkt alsbald der Druck und sogleich mehrt sich auch die Zahl der Pulsschläge. Schliesst man bei einer fortdauernden Reizung den Hahn von Neuem, so hebt sich der Druck wieder, aber nicht mehr so hoch wie vor der Blutentleerung, und die Pulsschläge werden seltener. Eine neue Eröffnung des Hahns treibt abermals den Druck herab und die Pulszahl empor u. s. w. Aus einer grössern Versuchsreihe kann man darum immer Zahlen aussuchen, bei welchen der mittlere Blutdruck während der Reizung nahezu so hoch wie im Beginn des Versuchs ohne Reizung ist. Die folgenden Zahlen sind solchen Reihen entnommen, sie stellen den Mitteldruck und die Pulszahlen in ihren absoluten Werthen dar. Zur Erklärung der Tabelle halte ich nur für nöthig hinzuzufügen, dass die Druckbestimmungen, die in den Reihen stehen, welche mit »nach dem Aderlass« begin-

nen, immer zu einer Zeit ausgeführt wurden, in welcher der Hahn schon wieder geschlossen war. Diese Vorsichtsmaassregel scheint mir geboten, weil während des Blutausströmens allzugrosse Unregelmässigkeiten im Druck und in der Pulszahl vorkamen.

	Aderlass	Reizung des peripheren Splanchnicus-Stumpfes	Druck in Mm. Hg.	Pulszahl in der Zeiteinheit
XXXIII.	vor	ohne	107	75
	vor	während	115	60
	nach	während	107	68
	vor	ohne	110	75
	vor	während	129	55
	nach	während	118	70
	vor	ohne	101	70
	vor	während	128	50
	nach	während	106	80
	vor	ohne	90	75
	vor	während	155	53
	nach	während	79	72
XXXIV.	vor	ohne	176	42
	nach	während	139	38
	vor	ohne	152	105
	vor	während	172	28
	nach	während	132	100

Nach der Gesammtheit aller dieser Erfahrungen scheint es mir nun gar keinem Zweifel mehr unterworfen, dass die Pulsverlangsamung, welche während der Reizung an dem peripheren Stumpfe des n. splanchnicus eintritt, einzig und allein von der durch diese Reizung herbeigeführten Steigerung des Blutdrucks abhängig ist.

Sowie dieses aber feststeht, muss es auffallend erscheinen, dass der im n. splanchnicus major central wirkende Reiz den Puls weniger verlangsamt als der peripherisch wirkende, obwohl ersterer den Druck in den grossen Arterienstämmen ebenfalls steigert und zwar in ganz demselben und häufig auch in noch höherem Grade als der peripher gerichtete.

Es wird also nothwendig sein, genauer darauf einzugehen, warum der Reiz am centralen Stumpfe, obwohl er den Puls ebenfalls verlangsamen kann, dieses doch in der Regel weniger thut, als der am peripheren Stumpfe.

Da die vorliegende Untersuchung eine neue Bestätigung für den bekannten Satz geliefert hat, dass durch die Steigerung des Blutdrucks das Hirnende des n. vagus erregt wird und da, wie früher erwähnt, mit der Reizung des centralen Stumpfes der Blutdruck augenblicklich anwächst, so scheint mir die Annahme gerechtfertigt, dass an der Herabsetzung der Pulsfrequenz, welche nach der letztgenannten Reizung eintritt, die Zunahme des Drucks ihren Antheil besitzt. Diese Unterstellung empfängt ihre Bestätigung dadurch, dass die Pulse nicht momentan mit dem Eintritt der Reizung, sondern erst dann seltener werden, wenn der Druck vorerst emporgestiegen ist. Ausser der Wirkung, die der Druck auf die Wurzeln des Vagus ausübt, hätte man noch eine zweite erwarten dürfen und diese zwar nach Analogie der Erfahrungen, welche *Goltz* und nach ihm *Bernstein* an dem Splanchnicus des Frosches gesammelt haben. Die Versuche am Frosch scheinen kaum anders als durch eine unmittelbare Beziehung gedeutet werden zu können, welche der n. splanchnicus im Hirn zu dem Vagus besitzt. Ob sich eine ähnliche Beziehung auch beim Hunde zwischen Splanchnicus und Vagus findet, bin ich nicht im Stande anzugeben, da ich noch keine Zeit gefunden, eine Versuchsreihe mit Reizung des centralen Stumpfes bei erniedrigtem Blutdruck anzustellen. Die Reizungsversuche am Grenzstrang des Kaninchens, welche *Bernstein* angestellt, fördern die Entscheidung der Frage nicht, da bei ihnen keine Druckbestimmungen vorgenommen wurden.

Wie sich der zuletzt beregte Punkt auch in Zukunft aufklären mag, immerhin steht fest, dass man schon des gesteigerten Blutdrucks wegen während der central gerichteten Reizung eine mindestens ebenso starke Herabsetzung der Pulsfrequenz hätte erwarten müssen, als während der peripher gerichteten. Da diese Erwartung nicht erfüllt wird, so muss durch die Reizung des centralen Stumpfes eine Bedingung eingeführt werden, welche den Einfluss des Drucks theilweise aufzuheben vermag.

Unter die Möglichkeiten, an die man hier denken könnte, dürften vor Allem zwei zu zählen sein. Die erste derselben würde in einer reflectorischen Verengerung der kleinen Arterie des Hirns zu suchen sein. Der Gedanke an dieselbe liegt darum sehr nahe, weil die Reizung des centralen Splanchnicus-Stum-

pfes gerade so wie die so vieler anderen sensiblen Nerven eine Contraction der kleinen Gefässmuskeln nach sich zieht. Warum sollten hiervon die Gefässe des Hirns ausgeschlossen sein? Wenn sie es aber nicht sind, so wird natürlich ein Theil des in den grössern Arterien vorhandenen Drucks für die Vaguswurzeln unwirksam werden. Ob diese Unterstellung richtig, wird sich nachweisen lassen, wenn wir erst die Nerven der art. vertebralis kennen. Können wir diese neben dem Halsstrang des Sympathicus zerstören, so wird sich zeigen, ob nach dieser Operation der Unterschied zwischen der peripher und central gerichteten Reizung aufgehoben ist.

Einen zweiten Umstand, der möglicher Weise die Wirkung des Blutdrucks auf die Vaguswurzeln herabzusetzen vermöchte, könnte man auch in einem Reflexe finden wollen, den der n. splanchnicus in dem Centralorgan der beschleunigenden Herznerven auslöste. Da mir jedoch der n. splanchnicus nicht gerade das passendste Object schien, um an ihm das Bestehen eines solchen Reflexes sicher zu stellen, so verliess ich zunächst die Untersuchungen an diesem Nerven.

Anwendungen aus den vorstehenden Versuchen auf die Pulslehre.

Bevor ich auch in dieser Mittheilung den n. splanchnicus verlasse, will ich erst noch versuchen, aus meinen und anderweiten vivisectorischen Erfahrungen den Einfluss abzuleiten, den die Reizungszustände der Unterleibsnerven auf die Pulserscheinungen am unverletzten Thier üben können.

Wenn sich der Tonus in den Gefässnerven des Unterleibs mindert, so wird zunächst, wie bekannt, der Druck in den ganzen Arterienbaum herabsinken und dann wird eine Anhäufung der Blutmasse in den Unterleibsvenen stattfinden, weil diese gezwungen sind, den reichlicheren Strom zu bergen, der aus den erweiterten arteriellen Zuflüssen in sie hinein geschieht. In Folge hievon wird Anämie des Hirns eintreten und damit der Tonus der Vaguswurzeln sich mindern. Demnach wird der Puls rascher und wegen des verminderten Drucks auch kleiner werden.

Gerade den umgekehrten Effect wird es haben, wenn die vasomotorischen Nerven des Unterleibs von einem Krampf befallen sind; dann wird sich die Blutmasse in den Unterleibsge-

fässen mindern, da jede Muskelbewegung in der Bauchwand und jede Inspiration Blut aus dem Unterleib austreibt, und da, der verengten Zuflussröhren wegen, keine ausreichende Menge neuen Blutes nachdringt. Also wird sich die Blutmasse und der Druck in den übrigen arteriellen Gefässbezirken, mithin auch im Hirn vermehren. Die nothwendige Folge hiervon muss ein voller und langsamer Puls in den Arterien sein.

Wenn die sensiblen Nerven der Splanchnici und des Grenzstrangs in Erregung kommen, so wird sich, weil sie mit zahlreichen, die Arterien verengenden Fasern in reflectorischer Beziehung stehen, der Druck mehren und darum wird jedenfalls eine Pulsverlangsamung eintreten, die jedoch in der Regel geringer ausfällt als in dem vorigen Fall, selbst wenn der Puls ebenso voll ist.

Besteht beim Säugethier ähnlich wie beim Frosch eine directe Beziehung zwischen den sensiblen Nerven der Baucheingeweide und den Vaguswurzeln ohne Vermittlung des erhöhten Blutdrucks, so kann auch eine Pulsverlangsamung ohne Drucksteigerung im Gefässsystem eintreten. Geschieht dieses, so wird der Puls selten und zugleich von mässigem Umfang sein. Endlich könnte auch der Puls selten und leer werden, wenn durch Erregung der sensiblen Eingeweidenerven, ähnlich wie dieses von andern Empfindungsnerven, namentlich aber vom Depressor her geschieht, eine Herabsetzung des Tonus der Gefässe in ihrem Verbreitungsbezirk erzeugt werden sollte und wenn zugleich mit dieser Abspannung der Gefässmuskeln eine Wirkung auf die Vaguswurzel einträte. Dieser Fall, der nach *Goltz* der gewöhnliche beim Frosch ist, mag wohl selten beim Säugethier eintreten. Seine Möglichkeit möchte ich jedoch nicht bestreiten, da ich in meinen zahlreichen Beobachtungen wenigstens Andeutungen von ihm fand; denn zuweilen sah ich den Puls seltener werden, ohne dass der Mitteldruck emporgegangen wäre.

c. Vasomotorische Reflexe von den centralen Stümpfen durchschnittener Muskelnerven.

Bei den Versuchen mit Reizung des centralen Splanchnicus-Stumpfes war schliesslich die Vermuthung entstanden, dass auch die beschleunigenden Herznerven reflectorisch erregt werden könnten. Diese Frage habe ich von Neuem durch Versuche zu beleuchten gesucht, trotzdem dass *v. Bezold* schon eine

Reihe von Thatsachen bekannt gemacht hat, welche nach der Meinung dieses ausgezeichneten Beobachters keinen Zweifel an dem Bestehn eines solchen Reflexes lassen. Dieses Vertrauen war allerdings zu einer Zeit berechtigt, in welcher die Beschleunigung des Herzschlags und die Erhöhung des Blutdrucks von der Erregung derselben Hirnstelle abgeleitet werden durfte; heute jedoch, wo sich die letztern Voraussetzungen als unhaltbar erwiesen haben, dürfte dieses nicht mehr der Fall und eine neue Bearbeitung der Frage nicht überflüssig sein.

Die folgende Reihe von Beobachtungen ist durchaus nur am Kaninchen gewonnen. Dieses Thier eignet sich für die einschlagenden Versuche darum, weil bei ihm, wie bekannt, die Schlagfolge des Herzens vorzugsweise leicht und bedeutend beschleunigt werden kann.

Aus mehreren Gründen schien es mir gerathen, auch beim Kaninchen vorerst das Verhalten zu studiren, welches die Pulszahl während der Reizung des peripheren Splanchnicus-Stumpfes darbot. In Verbindung hiermit reizte ich an denselben Thieren den centralen Stumpf des durchschnittenen Lendenmarkes und zwar that ich dieses in einer ähnlichen Absicht, in welcher ich am Hund die Reizung des peripherischen mit der des centralen Splanchnicus-Stumpfes verglichen hatte.

Zu diesem Ende suchte ich den Splanchnicus an einer Seite auf und durchschnitt ihn; darauf eröffnete ich die Wirbelsäule vom vierten bis zum zweiten Lendenwirbel, durchschnitt das Rückenmark am vierten und später auch noch an dem zweiten Lendenwirbel. Nachdem dieses geschehen, reizte ich abwechselnd bald den peripheren Stumpf des n. splanchnicus und bald den wohl isolirten centralen des Rückenmarks. Die Thiere waren mit Curare vergiftet. Auf diese Weise habe ich drei Beobachtungen angestellt, an sie schliesse ich noch zwei andere an, in welchen nur der centrale Stumpf des Lendenmarks tetanisirt wurde, ohne dass jedoch vergleichende Versuche mit Reizung des Splanchnicus stattfanden. Die Zahlen, welche die erhaltenen Resultate darstellen, geben geradezu die erhaltenen Werthe des Mitteldrucks und die der Pulsschläge in der Zeiteinheit an.

Reizung des peripheren Stumpfes vom n. splanchn.			Reizung des centralen Stumpfes von Lendenmark.			
Reizung	Druck in Mm. Hg.	Pulszahl in der Zeiteinheit	Reizung	Druck in Mm. Hg.	Pulszahl in der Zeiteinheit	Bemerkungen
XXI.						
vor	92	—				
während	127	80				
vor	90	102				
während	110	57				
vor	59	105	vor	117	52,5	
während	72	88	während	195	92,5	
während	131	58	nach	114	40	
			vor	140	61,5	
			während	195	110	
			nach	101	48	
XXII.						
vor	104	75	vor	110	50	
während	148	26	während	200	94	
			vor	108	—	
			während	191	114	
			nach	174	62	
XXIII.						
vor	108	105				
während	130	66,5	während	174	124	Lendenmark am 4. Wirbel durchschnitten.
			vor	94	44	
			während	178	108	
			nach	69	77,5	
vor	69	77,5				
während	105	45	vor	41	80	Das Lendenmark am 2. Wirbel durchschnitten.
			während	54	107	
			nach	32	29,5	
			vor	32	65	
			während	45	80	

Reizung des centralen Rückenmarkstumpfes.

XXXV.			
vor	120	67	
während	180	127	
vor	134	40	
während	176	110	
vor	129	67	
während	144	87	
vor	132	74	
während	160	83	
XXXVI.			
vor	83	110	
während	175	80	
vor	102	115	Vagi durchschnitten.
während	178	125	
vor	74	130	
während	153	120	
vor	87	110	
während	164	122	

Der Reiz, welcher in die periphere Verzweigung des n. splanchnicus hinein wirkt, verlangsamt also beim Kaninchen wie beim Hund die Pulsfolge. Da wir sahen, dass beim Hunde hieran nur der erhöhte Blutdruck schuld ist, so dürfte auch ein gleiches für das Kaninchen gelten.

In einen Gegensatz zu der peripheren Erregung des n. splanchnicus tritt das Verhalten während der Reizung des centralen Rückenmarkstumpfes, diese beschleunigt den Puls, aber nicht bloss über das Maass derjenigen, welche bei dem peripheren Tetanus des n. splanchnicus besteht, sondern sogar noch beträchtlich über dasjenige, welches der Pulszahl vor aller Reizung zukam. Die centrale Tetanisirung des Rückenmarks und die des n. splanchnicus weichen also in gleichem Sinne von den Erfolgen des Tetanus im peripheren Stumpf des n. splanchnicus ab, aber die des erstern thut dieses in weit höherem Grade als die des letztern und zwar in einem solchen, dass gar kein Zweifel mehr darüber aufkommen kann, dass durch die nach dem Gehirn hin wirkende unmittelbare Erregung des Markes ein Vorgang eingeleitet werde, welcher das Herz zu einer rascheren Pulsfolge nöthigt. Liegt dieser in einer Anregung, welche die Hirnenden der beschleunigenden Herznerven empfangen?

Einer Bejahung dieser Frage auf Grundlage der vorstehenden Beobachtungen stellt sich vorerst ein Bedenken entgegen, welches schon an einer frühern Stelle dieser Abhandlung von mir erwogen wurde. Es ist dieses den Verschiedenheiten des mittleren Blutdrucks entnommen, die sich bei den Reizungen der verschiedenen Nervenstücke einstellten.

Die Aenderungen, welche die Werthe des carotischen Mitteldrucks während der beiden Reizungen, der des n. splanchnicus sowohl als der des Rückenmarks erlitten haben, bewegen sich allerdings nach derselben Richtung, aber sie wachsen in ungleichem Grade: die Reizung des Rückenmarks bedingt einen höhern Druck. Nun fehlt es mir hier allerdings an einem so unmittelbaren Beweis, wie ich ihn für einen frühern Fall erbringen konnte, dass an den jetzt in Frage kommenden Thieren der Puls mit dem steigenden Druck erst verlangsamt und dann beschleunigt werde, dennoch aber glaube ich mich nicht bloss aus Gründen der Analogie zu der Annahme berechtigt, dass auch hier die Beziehung zwischen Druckgrösse und Pulszahl nicht

bestanden habe, die ich soeben angedeutet. Keinen Falls galt sie für das Versuchsthier XXIII, denn in ihm sehen wir sogar die Pulsbeschleunigung in sehr weiten Grenzen ganz unabhängig von den Aenderungen des Blutdrucks eintreten; bei diesem Thier wuchs die Zahl der Pulse in der Zeiteinheit jedesmal sehr beträchtlich, wenn das Rückenmark tetanisirt wurde, gleichgültig ob dabei der Druck auf 174 oder auf 54 Mm. stieg. Die Drucksteigerung dagegen, welche die Reizung des Splanchnicus hervorbrachte, war von einer Verminderung der Pulszahlen begleitet.

Bevor ich nun die Erscheinungen, welche die Pulszahlen während der Reizung des Rückenmarks darbieten, weiter verfolge, will ich erst noch bemerken, dass der Grund, warum die Tetanisirung des Rückenmarks den Blutdruck höher emportreibt, als die des Splanchnicus zweifelhaft bleiben muss. Er könnte natürlich eben sowohl darin liegen, dass das erregte Rückenmark in das Gebiet der Gefässnerven auf reflectorischem Wege intensiver und ausgebreiteter eingreift, als dieses auf directem Wege der gereizte n. splanchnicus thut; es könnte aber auch, ohne dass der beregte Unterschied bestand, der höhere Druck während der Reizung des Rückenmarks bedingt sein durch den in diesem Falle häufigeren Pulsschlag.

Ich kehre nun zu den Pulserscheinungen zurück, welche sich in Folge der Tetanisirung des Markes geltend machen. In die Tabelle auf Seite 176 sind nicht allein die Pulszahlen vor und während der Tetanisirung des Lendenmarks, sondern auch die aufgenommen, welche unmittelbar nach Beendigung des Reizes aufgezeichnet waren.

In den Beobachtungen XXI. XXII. XXIII sieht man wiederholt, dass nach Beendigung des Reizes der Puls viel langsamer wird, als er vor der Reizung gewesen, wobei es nun gleichgültig erscheint, ob der zu dieser Zeit anwesende Blutdruck höher oder niedriger steht, als vor der Reizung des Markes. Die unter diesen Umständen so auffallende Verlangsamung des Pulsschlages macht den Eindruck als ob sie von einer Reizung des n. vagus abhänge, die bis dahin latent gewesen und erst nach unterbrochener Reizung des Markes zum Vorschein komme.

Aber nicht bloss nach beendeter Markreizung verlangsamt sich der Puls; zuweilen geschieht dieses schon während der Reizung, wovon Beobachtung XXXVI ein Beispiel liefert.

Weiterhin ist es auch gar nicht selten, dass während einer Reizungsdauer die beiden Aenderungen des Pulsschlages, Beschleunigung über und Verlangsamung unter die Zahl vor der Reizung, miteinander abwechseln; es gewinnt das, was dann zu Tage kommt, das Ansehen eines Kampfes zwischen einer beschleunigenden und einer verlangsamenden Ursache.

Das soeben geschilderte wechselvolle Verhalten des Pulses lässt sich in Uebereinstimmung mit den Thatsachen leicht erklären und zwar in folgender Weise. Der über die Norm beschleunigte Puls zwingt zu der Annahme, dass durch die Reizung ein die Beschleunigung erzeugender Vorgang geweckt werde, und anderseits wissen wir aus zahlreichen Erfahrungen, dass der erhöhte Blutdruck die Pulszahl herabsetzt. Von diesen beiden widereinander wirkenden Elementen wird das reizbarste das Uebergewicht erhalten. Ist vom Beginn an die Reizbarkeit der beschleunigenden Pulse vermindert, so wird der gesteigerte Druck den Puls verlangsamen; ist dagegen der beschleunigende Apparat sehr reizbar, so wird seine Wirkung die Oberhand behalten, trotzdem dass der gesteigerte Druck die Vaguswurzeln erregt; sowie der electrische Reiz geschlossen wird, also die Anregung für den beschleunigenden Apparat aufhört, wird die Folge der Vagusreizung zum Vorschein kommen, da, wie bekannt, eine nicht allzu kurze Reizung des n. vagus eine sehr anhaltende Nachwirkung hinterlässt. Aber auch schon während der Dauer der electrischen Reizung kann es zu einem Wechsel von länger und kürzer werdenden Schlägen kommen; wenn das verlangsamende Element über das beschleunigende wegen der beginnenden Ermüdung des letztern das Uebergewicht erhielt, so sinkt der Druck und damit auch der Reiz für die Vaguswurzeln, und es kann nun vorübergehend das beschleunigende wieder in die Vorhand kommen, das aber sogleich wieder zurücktritt, wenn der Druck durch den häufigern Puls wieder emporging. — Künftigen Untersuchungen muss es überlassen bleiben, für diese einfache Hypothese einen zwingenden Beweis zu liefern.

Aber mit den bis dahin beschriebenen Thatsachen ist der Kreis der Erscheinungen noch nicht geschlossen, ich habe nemlich wiederholt auch bemerkt, dass die electrische und mechanische Reizung den Puls ungleichartig beeinflussen. In der folgenden Zahlenreihe sind einige Beispiele hiervon gegeben.

Centraler Stumpf des Lendenmarks.

Mechanisch gereizt			Electrisch gereizt			Bemerkungen
	Druck	Puls		Druck	Puls	
XXI.				117		
vor	122	80	vor	195	52,5	
während	162	49	während		92,5	
nach	90	102				Die in derselben Reihe
während	73	34				stehende mechani-
nach	59	105				sche u. electrische Rei-
während	108	58	während	140	61,5	zung erfolgten unmit-
			später			telbar auf einander.
			während	195	110	Mechanische und gal-
XXII.			nach	101	48	vanische Reiz. unmit-
während	100	42,5	während	174	124	telbar aufeinander.

Diese Zahlen drücken also nichts anderes aus, als dass zwei verschiedene Reizungsarten desselben Ortes eine sehr verschiedenartige Bedeutung für die Aenderung der Pulszahl gewinnen können. Denn die eine derselben erhöht und die andere erniedrigt die Pulsfrequenz. Dieser Unterschied tritt bei den beiden verschiedenen Methoden der Reizungen keineswegs jedesmal zum Vorschein, aber immerhin ist es bemerkenswerth, dass dieses zuweilen vorkommt.

Es wird keiner Auseinandersetzung bedürfen, dass ein Erklärungsversuch für den verschiedenen Erfolg differenter Reizmittel, die denselben Ort angreifen, nicht auf dem Princip fussen kann, welches für den wechselvollen Erfolg desselben Reizmittels so eben in Anwendung gebracht wurde. Unsere neue Erscheinung wäre, wie mir scheint, am einfachsten dadurch verständlich, dass man an dem gereizten Ort Nerven von verschiedener Reizbarkeit voraussetzt. Angenommen, es seien diejenigen Nerven, welche die Arterien reflectorisch verengern, so gelegen oder so beschaffen, dass sie von den Zerrungen an und von Drucken auf das Rückenmark leichter erfasst werden als die, welche die Beschleunigung des Herzschlags bedingen, so wird der in Folge der mechanischen Reizung gesteigerte Druck die Schlagzahl mindern. Greift dagegen der stärkere und gleichmässiger wirkende electrische Reiz das Mark an, so wird die andere auf die Beschleunigung hinarbeitende Fasergattung das Uebergewicht erhalten.

Dürfte man annehmen, dass die Reizung der freien Wurzeln des Lendennerven die Verlangsamung erzeugte, wie dieses nach einigen früher erwähnten Angaben dieser Abhandlung wahrscheinlich ist, dass dagegen die im Mark selbst laufenden von anderen Orten kommenden Fasern das Herz zu einer beschleunigten Schlagfolge antrieben, so würde die vorliegende Versuchsreihe nicht bloss für die Gefässnerven bedeutungsvoll sein. Sie würde auch sehr werthvolle Aufschlüsse über die Reizbarkeit der Markfasern gewähren. Da die Entscheidung dieser Frage mich für diesmal von meinem nächsten Ziele zu weit abgeführt haben würde, so habe ich den hier offenstehenden Weg nicht weiter betreten.

Die Reizung des centralen Markstumpfes der Lende hatte neue Thatsachen über die Beziehungen der Gefässnerven zu einander geliefert, aber die anatomischen Verhältnisse desselben sind einer experimentellen Zergliederung der Resultate nicht günstig; darum zog ich es vor, mich zu der Untersuchung der Nerven zu wenden, welche von unten her in das Lendenmark eintreten.

Die erste Aufgabe, die ich mir stellte, bestand darin, die peripheren Nervenbahnen aufzusuchen, von welchen die Beschleunigung der Herzschläge abhängig war.

Die Auswahl unter den einer Prüfung würdigen Nerven ist nicht gross in Anbetracht der Localität, an welcher das Lendenmark vom Reiz getroffen wurde. Die sensiblen Nerven, welche in die Unterleibseingeweide treten, können die Veranlassung zur Pulsbeschleunigung nicht gegeben haben, dagegen sprechen die in der vorigen Abtheilung dieser Abhandlung aufgezählten Thatsachen. Es bleiben also nur die Nerven für die Eingeweide des Beckens und die der hintern Extremität übrig.

Bei der Wahl unter diesen beiden entschied ich mich zunächst für die Reizung des plexus ischiadicus um so mehr, weil schon *v. Bezold* einmal beobachtet hatte, dass die Reizung des centralen Endes eines plex. ischiadicus die Pulszahl nicht unbedeutend steigerte und dass dieses an einem Kaninchen, dessen Vagi vorher durchschnitten waren, eintrat. Diese Angabe wird, wenn auch nicht durchgreifend, durch die folgenden Mittheilungen bestätigt.

Reizung des centralen Stumpfes vom plex. ischiadicus.

Vor Durchschneidung d. Vagi					Nach Durchschn. d. Vagi			
Nr. des Vers.	Reizung	Druck	Puls	Verhältnisszahl	Reizung	Druck	Puls	Verhältnisszahl
XXXVII.	ohne	—	80	1,18	ohne	99	104	0,93
	während	—	95		während	120	97	
XXXVIII.	ohne	134	60	1,50	ohne	167	76	1,20
	während	181	90		während	189	91	
					ohne	162	80	1,16
					während	179	93	
XXXIX.	—	—	—		ohne	168	116	1,20
					während	182	140	

Reizung v. plex. ischiadicus.

XLV.	vor	103	80	
	während	160	90	
L.	vor	62	80	
	während	168	42	mechanisch.
	vor	114	96	
	während	151	108	electrisch.
LI.		101	85	
		102	106	
		101	94	
		102	100	

Auch bei den Beobachtungen an diesem Nervengeflecht habe ich wiederholt gesehen, dass die Berührung des Nerven den Druck steigerte und die Pulszahl verlangsamte, während die electrische Tetanisirung desselben Nervenstumpfs bei annähernd gleicher Druckerhöhung den Puls beschleunigt. Als Beispiel hierfür habe ich den Lsten Fall in diese Tabelle aufgenommen.

Die Erfahrung, dass die Reizung des ganzen plexus ischiadicus die Schlagfolge des Herzens beträchtlich beschleunigt, trotzdem dass die n. vagi unverletzt blieben, war mir auffallend im Hinblick auf die Beobachtungen *Lovéns*.*

Dieser Beobachter hatte gefunden, dass die Reizung der sensiblen Fussnerven bei unverletztem Bestande der n. vagi stets den Puls verlangsamte.

Dieser Widerspruch, dass einzelne Zweige des Plexus anders wirkten als die Gesammtheit desselben, konnte gelöst werden, wenn sich nachweisen liess, dass die sensiblen Nerven der Muskeln, welche zahlreich im plexus ischiadicus vorhanden

sein müssen, zum Herzen in anderer reflectorischer Beziehung stehen, als die Hautnerven. Vielleicht stehen die empfindlichen Muskelnerven ganz vorzugsweise in Beziehung zu den Vorgängen, welche die Schlagfolge des Herzens beschleunigen?

Mehrfache Wahrscheinlichkeitsgründe unterstützen mindestens diese Annahme. Zuvörderst ist es bekannt, dass nach lebhaften Muskelbewegungen die Zahl der Herzschläge meist eine sehr beträchtliche wird. Dieses kann allerdings ganz unabhängig von den sensiblen Muskelnerven vor sich gehen, denn es kann z. B. bedingt sein durch den gesteigerten Blutzufluss aus den contrahirten Muskeln nach dem Herzen, oder durch die erhöhte Bluttemperatur oder durch die vermöge des Sauerstoffbedürfnisses häufiger gewordenen Inspirationen u. s. w., möglicher Weise kommen jedoch auch die sensiblen Nerven des Muskels in das Spiel.

Ueberlegt man die Bedingungen, unter welchen der häufigere Herzschlag den Nutzeffect des Blutstroms erhöht, so erkennt man sogleich, dass dies nur dann der Fall ist, wenn dem Herzen das Blut in reichlicherem Maasse zugeführt wird, weil ohne dieses der raschere Herzschlag in der Zeiteinheit nicht mehr Blut fördern würde als der seltenere. Wenn aber die Bedingung des raschen Zufliessens erfüllt ist, so wird aus dem beschleunigten Herzschlag folgen, dass das Blut in einem sehr gleichmässigen Strom, d. h. unter annähernd constantem Druck die Capillåren speisst. Eine solche Stromart dürfte für kein Organ erwünschter sein als für die ermüdeten Muskeln, die durch ihre Contraction mit Zersetzungsproducten gefüllt und von dem ihnen nöthigen Sauerstoff befreit sind. Trotz ihrer teleologischen Färbung bestimmte mich diese Ueberlegung weitere Reizungen an den centralen Enden einiger durchschnittener Nerven zu versuchen, die sich nur oder wenigstens vorzugsweise in den Muskeln verbreiten.

Als Objecte der Reizung wählte ich einige zum Oberschenkel gehende Zweige des plexus ischiadicus aus. Einige derselben gingen, wie ihre Praeparation lehrte, nur zu Muskeln, andere zugleich zur Haut. Diese Versuchsreihe habe ich noch insofern variirt als ich die Reizung anstellte vor und nach Durchschneidung der n. vagi und vor und nach Ausrottung des untersten Hals- und obersten Brustganglions.

Ich habe elf Kaninchen solchen Versuchen unterworfen,

deren Resultate in der folgenden Zahlenreihe zusammengestellt sind. Die Zahlen drücken die Verhältnisswerthe aus, in welchen der mittlere Blutdruck und die Pulszahlen während der Reizung zu den genannten Werthen vor derselben standen. Druck und Pulszahl vor der Reizung sind gleich der Einheit gesetzt.

Reizung des centralen Endes durchschnittener Muskeläste des plexus ischiadicus.

Mit Beschleunigung des Pulses				Mit Verlangsamung des Pulses			
Nerv	Druck	Puls	Bemerkungen	Nerv	Druck	Puls	Bemerkungen
XLI.							
1. Muskelnerv	1,75	2,10					
	1,13	1,25					
2. Muskelnerv	1,25	1,00	Vagi durchschnitten.				
	1,28	1,17					
	1,42	1,11					
XLII.							
1. Muskelnerv	1,07	1,14	ohne Curare.				
	1,00	1,29					
	1,00	1,18					
2. Muskelnerv	1,00	1,14					
1. u. 2 Muskelnerv	1,03	1,05					
	1,00	1,10					
XLIII.							
1. Muskelnerv	1,12	1,03	ohne Curare.	Muskelnerv	1,08	0,93	
	1,12	1,14					
	1,03	1,25					
XLIV.							
1. u. 2. Muskelnerv	1,00	1,13	ohne Curare.	1. Muskelnerv.	1,09	0,95	Vagi durchschnitten.
	1,00	1,13			1,04	0,70	
2. Muskelnerv	1,02	1,10	Vagi durchschnitten.		1,04	0,95	
	1,02	1,08			1,04	0,93	
XLV.							
1. Muskelnerv	1,32	1,20					
gemischter Nerv	1,46	1,31					
	1,43	1,31					
Muskelnerv	1,21	0,94	Ganglien ausgeschnitten.				
Muskel- u. gemischter Nerv	1,06	1,03					
XLVI							
1. Muskelnerv	1,46	1,50					
	1,36	1,50					

Mit Beschleunigung des Pulses				Mit Verlangsamung des Pulses			
Nerv	Druck	Puls	Bemerkungen	Nerv	Druck	Puls	Bemerkungen
Muskel- u. gemischter Nerv	1,64	1,65					
Muskelnerv	1,12	1,00	Ganglien ausgeschnitten.				
gemischter Nerv	1,34	1,08					
	1,02	1,09					
	1,31	1,16					
XLVII.							
gemischter Nerv	1,12	1,25		Muskelnerv	1,12	0,37	
	1,30	1,17	Gangl. ausgeschnitten.		1,45	0,30	
	1,03	1,00			1,87	0,90	
XLVIII.							
Muskelnerv	1,05	1,06			1,34	0,68	Mechan. Reiz.
				Muskelnerv	0,96	0,40	
gemischter Nerv	1,21	1,27			1,49	0,90	
					1,03	0,75	
				gemischter Nerv	0,90	0,35	
XLIX.							
Muskelnerv	1,12	1,00					
gemischter Nerv	1,05	1,17					
	1,24	1,17					
beide Muskelnerven	1,10	1,08					
	1,07	1,14					
Muskel- u. gemischter Nerv	1,18	1,28					
				L.			
					—	0,49	Mechan. Reizung d. Plex.
				Muskelnerv	1,00	1,00	
				gemischter Nerv	1,09	0,94	
				beide Nerven	1,08	1,02	
				gemischter Nerv	0,89	1,00	
					0,69	1,00	
				LI.			
				Muskelnerv	1,42	0,42	
					1,24	0,93	
					1,23	0,70	
					0,90	0,32	
					0,90	1,00	

Reizung des plexus ischiadicus am centralen Ende des durchschnittenen Nerven.

	Druck	Puls	Bemerkungen.
L.	1,32	1,12	Ganglien ausgeschnitten.
	1,19	1,09	
XLV.	1,55	1,12	Ganglien ausgeschnitten.
	1,14	1,12	

Um den Inhalt der vorstehenden Zahlenreihe besser übersehen zu können, werde ich der Reihe nach die Resultate hervorheben, welche die Thiere gaben, an denen die centralen Stümpfe der Muskelnerven gereizt wurden, ohne dass irgend ein anderes Nervenstück verletzt worden war, dann die, bei welchen vor der Reizung die n. vagi, und endlich die, bei welchen die ganglia stellata ausgeschnitten waren.

Die Reizungen bei unversehrten Herznerven lehren zunächst, dass die sensiblen Muskelnerven auf reflectorischem Wege Verengungen in den Arterienbahnen, und zwar in einem solchen Grade hervorrufen können, dass hierdurch der arterielle Blutdruck bedeutend emporgehen kann. Für diese Annahme stehen die Fälle der vorstehenden Reihe ein, in welchen während der Reizung der centralen Stümpfe der Blutdruck nicht unbedeutend wuchs, ohne dass sich die Schlagzahl überhaupt oder zum mindesten in einem solchen Grade geändert hätte, dass hieraus das Steigen des Drucks erklärbar gewesen wäre.

Die Beobachtungen lehren ferner, dass die Schlagzahl des Herzens meist vermehrt wurde, wenn der tetanisirende Reiz den centralen Stumpf des Muskelnerven traf, und dass dieses sich ereignete sowohl wenn der Blutdruck bedeutend gestiegen oder sehr annähernd auf seiner frühern Höhe geblieben war. Allerdings ist in den wenigen Beobachtungen, in welchen die Schlagzahl über das Anderthalbfache der ursprünglichen gesteigert wurde, der Blutdruck ebenfalls sehr bedeutend emporgegangen. Da eine sehr bedeutende Vermehrung der Pulszahlen, wie sie hier öfter beobachtet wurde, durch die Erregung des centralen Stumpfs sensibler Hautnerven bisher noch nicht beobachtet wurde, so darf man wohl die Behauptung aussprechen, dass die sensiblen Muskelnerven vorzugsweise in eine

reflectorische Beziehung zu den Vorgängen treten, welche den Herzschlag beschleunigen.

Bei Muskelnerven tritt jedoch durch den central wirkenden Reiz keineswegs immer eine Beschleunigung der Pulse ein. Gar nicht selten kommt auch eine Verlangsamung der Schlagfolge während des genannten Eingriffs vor. Geschähe dieses letztere entweder nur nach mechanischen Reizungen, oder dann, wenn die electrischen Schläge vorgängig eine Steigerung des Blutdrucks veranlasst hatten, so würde dieses gegen eine bevorzugte Stellung der sensiblen Muskelnerven zur Beschleunigung des Herzschlags nichts aussagen; denn man könnte das Ausbleiben des erwarteten Erfolgs ableiten aus einer verminderten Erregbarkeit, entweder besonderer Fasern unseres Nerven, oder auch der Einrichtungen, welche den Herzschlag beschleunigen. Beides trifft jedoch nicht immer ein. Allerdings fällt die auffallende Verzögerung der Schlagfolge meist mit den Steigerungen des Blutdrucks zusammen, aber es kommt doch auch wiederholt vor, dass die Zahl der Pulsschläge beträchtlich abnimmt, ohne dass der Blutdruck gestiegen war. Hier wäre also auf eine unmittelbare Beziehung des Hirnendes der sensiblen Muskelnerven zu den Vaguswurzeln zu schliessen.

Ich gehe nun zu der Betrachtung der Fälle über, in welchen die Stümpfe der Muskelnerven gereizt wurden ehe und nachdem die n. vagi am Halse durchschnitten waren. Der Grund, der mich bestimmte, die Reizung am centralen Stumpfe der Muskelnerven nach Durchschneidung der n. vagi vorzunehmen, lag in einer schon früher angedeuteten Erwägung. Möglicherweise hätten die während der Reizungen eintretenden Beschleunigungen des Pulses u. A. auch abhängen können von einer Verengung der Hirnarterien, indem in Folge derselben die Vaguswurzeln von einem Druck, der bisher auf ihnen ruhte, entlastet sein würden. Der Effect der Reizung, welche nach Durchschneidung der n. vagi unternommen war, musste zeigen, ob die Vermehrung der Pulszahl, welche vor jener Operation eingetreten war, von der unterstellten Ursache abhing. — Ausser den betreffenden Angaben der letzten Tabelle bitte ich auch noch diejenigen nachzusehn, welche in der Zusammenstellung auf S. 182 sich finden und zwar unter den Erfolgen der Reizung des plex. ischiadicus nach vorgängiger Durchschneidung der n. vagi. Man wird alsdann gewahren, dass eine Beschleunigung

des Herzschlags eintreten kann auch nach Durchschneidung der n. vagi; diese wird man also keinenfalls auf eine Veränderung in den Hirngefässen um die Wurzeln der n. vagi herum schieben können. Aehnliche Beobachtungen finden sich reichlich in dem Werke *v. Bezolds*.

Der Zuwachs, welchen die Pulszahl nach Durchschneidung der n. vagi erlangt, ist allerdings in der Regel nicht beträchtlich, aber da in Folge der Durchschneidung die Pulszahl schon an und für sich sehr hoch ist, so wiegt eine kleine Zunahme in Folge der Reizung um so schwerer, namentlich wenn er constant nach der letztern auftritt.

Versuche mit Reizung nach vorgängiger Durchschneidung des letzten Hals- und obersten Brustganglions habe ich, wie leicht ersichtlich, darum angestellt, um mir die Ueberzeugung zu verschaffen, ob eine reflectorische Erregung der von *E. Cyon*, *v. Bezold* und *Bever* nachgewiesenen beschleunigenden Herznerven die Ursache des häufigeren Pulsschlages war. Die Ausrottung der Ganglien nahm ich ohne Oeffnung der Brusthöhle vom Halse aus vor; um die Versuchsreihen vor und nach der Ausrottung nicht durch einen zu grossen Zeitraum von einander zu trennen, um also die übrigen Bedingungen des Versuchs nicht allzu ungleich werden zu lassen, suchte ich vor der ersten Blutdruckmessung beiderseits das unterste Halsganglion auf. War die erste Blutdruckmessung beendigt, so konnte nun rasch an der Hand des blosgelegten Knotens das oberste Brustganglion aufgesucht und beide durchschnitten werden. Die Zergliederung nach dem Tode lehrte in wie weit die beabsichtigte Zerstörung gelungen war.

Dieses Verfahren habe ich bei vier Thieren angewendet. An zweien von diesen hatte die Nervenreizung vor der Zerstörung der Ganglien eine beträchtliche Steigerung des Blutdrucks und eine grosse Beschleunigung des Pulses bedingt. Nach der Entfernung der Ganglien trat keine Beschleunigung des Herzschlags mehr ein, wenn auch durch die Reizung der Blutdruck erhöht wurde. In den andern Fällen erzeugte auch nach der Ausrottung die Reizung des Nerven noch eine kleine Beschleunigung, welche demnach keinenfalls durch eine Erregung der beschleunigenden Herznerven bedingt war. Nach unsern heutigen Kenntnissen müssen wir die Ursache dieser Beschleunigung in das Herz selbst verlegen.

Die Versuche, in welchen nach der Zerschneidung der ganglia stellata die vor ihr bestandene Beschleunigung des Herzschlags ausblieb, sind nun allerdings der Annahme eines beschleunigenden Reflexes auf das Herz günstig. Damit halte ich aber keineswegs den vorliegenden Gegenstand für abgeschlossen. Die Versuche, um welche es sich hier handelt, tragen dazu noch allzugrosse Zweideutigkeiten. Die Reizung centraler Stümpfe sensibler Nerven bringt, wie bekannt, zwar jedesmal einen Erfolg in dem System der Gefässnerven hervor, aber die Richtung desselben ist eine unbestimmte, indem im unregelmässigen Wechsel der eine Reiz die Zahl der Herzschläge mehrt, der andere sie mindert. Wenn man also den Erfolg eines Versuchs überhaupt nicht voraussagen kann, so darf man, wie mir scheint, den Unterschied zweier aufeinander folgender Beobachtungen nicht abhängig erklären von derjenigen Aenderung in den Lebensbedingungen, die künstlich zwischen die beiden eingeschaltet wurde.

Der Fortschritt auf unserm Gebiete wird deshalb vor allem andern davon abhängen, ob wir im Stande sind, Bedingungen ausfindig zu machen, unter denen die Reizung der sensiblen Rückenmarksnerven constantere Erfolge hervorbringt als bisher. Die Hoffnung des Gelingens würde sehr gering sein, wenn die Ursachen des veränderlichen Erfolgs in unregelmässigen Aenderungen der Erregbarkeit bestimmter Hirntheile gelegen wären, welche gleichzeitig von den erregten Empfindungsnerven in Angriff genommen werden. Bevor wir die Unstätigkeit des Erfolgs auf diese Verwicklung schieben, müssen wir, wie ich glaube, noch weit sorgfältiger, als es bisher geschehen, den Reiz nach Ort und Stärke abzustufen trachten.

Einige Bemerkungen über die rothen Blutkörperchen.

Von

Alexander Schmidt und **F. Schweigger-Seidel.**

Die interessanten Angaben, welche *Arthur Böttcher* neuerdings über rothe Blutkörperchen veröffentlicht hat, waren für uns die Veranlassung zu einer Reihe von Beobachtungen, deren Ergebnisse wir hier in Kürze mittheilen wollen. Um uns aber wirklich kurz fassen zu können, müssen wir sowohl die Arbeiten *Böttcher*'s, als auch die gegen seine Auffassung bereits erhobenen Einwände als bekannt voraussetzen. *)

Von den Angaben des genannten Forschers über die Blutkörperchen der Säugethiere beschäftigten uns vor allen diejenigen, durch welche bewiesen werden soll, dass die bei Anwendung verschiedener Lösungsmittel für Blutkörperchen zurückbleibenden kleinen blass conturirten Körperchen Kerngebilde seien. Als hauptsächliches Lösungsmittel wurde Chloroform verwendet, wesshalb auch wir die Besprechung der durch dasselbe eingeleiteten Veränderungen in den Vordergrund stellen wollen.

Das Erste, was sich an den mit Chloroformdunst in Berührung gebrachten Blutkörperchen zeigt, ist eine Verkleinerung derselben. Es könnte fraglich erscheinen, ob es sich hierbei um eine Contraction handelt (*Klebs*), oder ob die Verkleinerung zunächst nur eine Folge des gleichzeitig eintretenden Kugligwerdens ist; indessen müssen wir uns doch für erstere Annahme entscheiden, weil man die contrahirende Wirkung des

*) *Arth Böttcher*, Virchow's Arch. Bnd. 36 und 39. — *Klebs*, ebenda Bnd. 38.

Chloroforms an bereits kuglig gewordenen, haemoglobinfreien Blutkörperchen constatiren kann. — Versetzt man Blut mit Wasser bis zum Verschwinden der Blutkörperchen und leitet alsdann einen Kohlensäurestrom hindurch, so werden die Körperchen wieder deutlich sichtbar als scharf conturirte, klare und verhältnissmässig grosse Bläschen. Diese, mit Chloroform behandelt schrumpfen schnell, aus den grossen Bläschen werden viel kleinere, ganz denen gleich, welche man aus dem unveränderten Blute durch Chloroform erhält. Auch aus dem einfach mit Wasser stark verdünnten Blute, welches nach *Böttcher* als ungelöste Bestandtheile nur Kerne enthalten soll, können dieselben Körperchen durch Chloroform sichtbar gemacht werden, offenbar durch eine Verdichtung der Substanz. Hat man mit grösseren Blutquantitäten operirt, so senken sich die Körperchen leicht vollständig zu Boden.

Als durchaus nothwendig dürfte es ferner erscheinen, wirklich kernhaltige Blutkörperchen mit denen der Säugethiere in ihrem Verhalten gegen Chloroform zu vergleichen. Froschblutkörperchen verkleinern sich beim Hinzutritt von Chloroform in der Gaskammer unter den Augen des Beobachters plötzlich oder es geht der Verkleinerung eine Kräuselung der Oberfläche vorher. Die anfangs gesättigte Farbe der Zellen erblasst allmählig und es bleiben alsdann kleine kernhaltige Körperchen übrig, deren zarte äussere Conturen bei Wasserzusatz etwas deutlicher werden. Jedenfalls wird also hier nicht Alles bis auf den Kern gelöst. *) Hatte man vor dem Einbringen des Chloroforms in die Glaskammer dem Blute etwas Wasser zugesetzt, sodass die Körperchen gequollen waren, so konnte man in günstigen Fällen sehen, wie bei der Verkleinerung Kerne ausgepresst wurden. Wie in anderen Fällen so sind übrigens auch hier die eintretenden Veränderungen sich nicht immer vollständig gleich, wofür die Veranlassung in den von vornherein verschiedenen Zuständen der Körperchen zu suchen.

Der Hauptsache nach ganz dieselben Erscheinungen wie beim Frosche erhielten wir bei der Taube. Eigenthümliche Bilder gewährte dieselbe uns nur insofern, als sich nach Chloro-

*) Auf dasselbe Verhalten der Froschblutkörperchen gegen Inductionsströme im Vergleich mit denen der Säugethiere macht *Neumann* aufmerksam. Archiv f. Anat. u. physiol. 1867. S. 35.

formbehandlung an die den Polen zugekehrten Seiten der Kerne hellglänzende kegelförmige Massen angesetzt fanden, sodass der Kern mit diesen Anhängen etwa die Gestalt einer Citrone besass.

Als einen wohl entscheidenden Versuch führen wir schliesslich noch folgenden an. Blutkörperchen vom Frosch oder von Säugethieren, mit Harnstoff zusammengebracht, zerfallen in der bekannten Weise in eine grössere Anzahl gefärbter Kugeln, welche man als Haemoglobintropfen bezeichnet. Jeder dieser Tropfen verhält sich dem Chloroform gegenüber gerade ebenso, wie ein ganzes Blutkörperchen: es hinterlässt ein zartes Bläschen, an dem allerdings eine Verkleinerung meist nicht wahrgenommen werden kann. Es ist selbstverständlich, dass diese Beobachtungen am Froschblute leichter anzustellen, als bei Säugethieren, bei denen die abgelösten Kügelchen durchgehends sehr klein sind. Hat sich das Haemoglobin unter dem Einflusse des Chloroform in dem Serum verbreitet, so erscheinen die Reste als kleine Hohlräume in der das Licht stärker brechenden Schicht; vermischt man jedoch das Blut mit Wasser oder noch besser mit schwacher Jodlösung, so werden die zarten aber scharf begrenzten Bläschen deutlich sichtbar.

Die Wirkungsweise des Chloroforms ist jedenfalls keine einfache. Schon *Böttcher* hat in dieser Beziehung auf die Thatsache aufmerksam gemacht, dass die Blutkörperchen über Chloroform mitunter kuglig werden, ohne ihr Haemoglobin abzugeben, während eine Trennung beider ganz plötzlich erfolgt, sobald man das Präparat von der Gaskammer abgehoben und mit der Luft in Berührung gebracht hat. Diese auffällige Erscheinung sahen wir am besten bei Kaninchenblut, in welchem wir selbst durch grössere Portionen Chloroforms die Blutkörperchen häufig nur zu stark verkleinerten, glänzenden und intensiv gefärbten Kügelchen umwandeln konnten, ehe wir auf die erwähnten Verhältnisse aufmerksam wurden. Beachtenswerth ist hierbei unter anderm der Umstand, dass nach unseren Erfahrungen gerade die Blutkörperchen der Kaninchen die bekannte Maulbeer- und Stechapfelform ungemein leicht annehmen, sodass es fast nie gelang, die Blutscheiben unversehrt zur Beobachtung zu bringen, wenn man auch mit allen Cautelen zu Werke ging. Wir bemerken dies ausdrücklich gegenüber *Klebs*, der diese Formveränderung erst nach Erwärmung eintreten sah

und dieselbe als Zeichen einer lebendigen Contractilität betrachtet. Es genügt aber das einfache Aufbringen auf das Objectgläschen; die Veränderungen der Umgebung sind ausreichend, um den Zustand der Körperchen so umzuwandeln, dass sie die eigenthümliche Form annahmen, von welcher eine Rückkehr zur normalen Gestalt nicht wahrgenommen wurde. Ein jedenfalls analoges Verhalten der Blutkörperchen, wie hier beim Kaninchen, fand *Max Schultze**) bei fieberkranken Menschen, wesshalb wir zu unseren Angaben die Bemerkung hinzufügen wollen, dass wir sehr häufig Blut von Kaninchen verwandten, welche bereits zu anderen Versuchen gedient hatten. Man kann die Blutkörperchen in diesen Fällen als besonders empfindlich ansehen und wird darauf hin zur Annahme geführt werden, dass durch das Chloroform eine zu kräftige Contraction bedingt und in Folge dessen der Austritt des Haemoglobin verhindert worden, um so mehr, als es uns deutlich erschien, dass die stark verkleinerten Körperchen sich wieder etwas ausdehnen, ehe sie erblassen. Die Maulbeerformen als erste Stadien der Chloroformwirkung direct hervor zu rufen ist uns nicht gelungen, wir erhielten wohl leicht eckige Formen, aber immer trat alsbald eine Quellung der Randpartie hinzu, welche schliesslich zur Kugelgestalt führte. Zur contrahirenden Wirkung des Chloroform kommt noch eine Erweichung, für welche man wohl mit *Böttcher* die Wirkung des Sauerstoffs in Anspruch nehmen darf, da das schnelle Austreten des Haemoglobins bei Berührung mit der Luft schwer auf einen anderen Grund zurückgeführt werden kann. Wir überzeugten uns, dass Kohlensäure die Wirkung des Chloroform verhindert, während bei Anwesenheit von Wasserstoffgas die Veränderung eine langsame aber stetig fortschreitende ist.

Trotz dieser Erörterungen wollen wir nicht unterlassen anzuführen, dass *Böttcher* sich auch auf andere Weise von der Existenz der Kerne überzeugt zu haben glaubt. Einmal erhielt er die centralen Partien der Säugethierblutkörperchen gefärbt, allerdings nur nach Anwendung des salpeters. Rosalins und zweitens nahm er auch die Kerne unmittelbar wahr in Körperchen, die durch Chloroform erblasst waren. Unsere Färbungsversuche fielen negativ aus und auch beim zweiten Punkte vermuthen wir

*) Arch. f. mikrosk. Anat. 1. Bnd. S. 35.

eine optische Täuschung. Freilich sagt *Böttcher* über die blass werdenden Körperchen: »Dann tritt ein Zeitpunkt ein, wo man bei guter Beleuchtung in den erblassten Körperchen einen Kern wahrnimmt. Es ist derselbe nicht durch Lichtbrechung vorgetäuscht, denn erstens ist das mit Chloroform behandelte Blutkörperchen nicht biconcav sondern kuglig, wie sich beim Umwälzen desselben erkennen lässt, dann aber unterscheidet sich der in demselben sichtbare Kern sehr wesentlich von der an biconcaven Blutkörperchen bekannten centralen Schattirung. Man findet nicht bloss ein verschiedenes Verhalten des Centrums und des Randes hinsichtlich ihrer Lichtstärke, sondern man sieht in den verkleinerten Körperchen einen scharf kreisförmig begrenzten, durch eine feine Linie markirten Contur, welcher sich erhält, wenn das Körperchen weiter zerstört wird.« Wir glauben die Erscheinung zu kennen, auf welche sich *Böttcher* beruft, aber wir konnten sie auch an anderen kuglig gewordenen Körperchen, welche nach demselben Beobachter eigentlich nur Kerne sein können, mehr oder weniger deutlich wahrnehmen. Blutkörperchen aus stark und anhaltend gewässertem Blute durch Kohlensäure oder schwache Jodtinctur sichtbar gemacht, lassen bei starker Vergrösserung eine mattere, centrale Partie erkennen, welche durch eine zarte Contur von der äusseren Wand scharf abgegrenzt erscheint. Man kann unter Umständen sehr täuschende Bilder erhalten, muss aber doch die Erscheinung als ein rein optisches Phänomen, etwa durch Flächenspiegelung bedingt, ansehen. Die Deutlichkeit derselben hängt ab von dem Grade der Verdichtung der peripherischen Schichten, je markirter die äussere doppelt conturirte Wand, um so schärfer die innere Abgrenzung. Ferner bleibt die innere Contur der äusseren immer parallel, auch bei Einknickungen der Wand oder bei Vergrösserung der Körperchen, wie man sie unter Umständen durch Essigsäure erzeugen kann und endlich findet man dieselbe Erscheinung, sogar recht deutlich, an den kleinen Vacuolen, welche mitunter in so ausgezeichnetem Grade in den Froschblutkörperchen sich finden.

Allen diesen gegen die Kerne der Säugethierblutkörperchen vorgebrachten Bedenken scheinen die Beobachtungen gegenüber gestellt werden zu können, welche *Böttcher* in seinen nachträglichen Bemerkungen (Arch. Bnd. 39) veröffentlicht hat. Blutkörperchen der Katze in Humor aqueus vertheilt, verloren

unter dem verkitteten Deckgläschen nach einiger Zeit nicht nur ihre Färbung, sondern es trennte sich auch die farblose Substanz in ein scharf conturirtes Bläschen und das zu einem Klümpchen zusammengeballte Protoplasma. Ist das Bläschen aber nothwendigerweise der Kern? Uns scheint diese Annahme nicht bewiesen, vielmehr kann man mit demselben Rechte behaupten: Aus dem Stroma ist die farblose Substanz ausgetreten, hat sich aber nicht in der Flüssigkeit vertheilt, sondern ist als zusammenhängende Masse an dem nach der Entleerung kuglig zusammengezogenen Stroma haften geblieben. Mit gutem Grunde ist schon von anderer Seite darauf hingewiesen worden, dass man wohl berechtigt ist, an die etwaigen Kerne der Säugethierblutkörperchen analoge Forderungen zu stellen, wie an die übrigen Kerngebilde des Körpers.*) Der einzige Weg, welcher zu einer Entscheidung noch übrig bliebe, wäre der, durch Verfolgen der Entwicklungsvorgänge nachzuweisen, dass aus den ursprünglich vorhandenen Kernen durch allmählige Umwandlung Gebilde hervorgegangen sind, welche durch ihr Verhalten gegen die gebräuchlichen Reagentien ihren früheren Zustand nicht mehr verrathen. Die hierher gehörigen Beobachtungen von *Klebs* über die Umwandlung der Kerne der rothen Blutkörperchen bei Leukaemischen sprechen aber, wie ersichtlich, auch nicht für die Annahme von Kernen in der Hauptmasse der Blutkörperchen gesunder Menschen. —

Böttcher nennt seine Kerne »scheibenförmig«, wir fanden die Blutkörperchenreste stets kuglig. Hätten sie wirklich erstere Form, so müsste man dieselben trotz aller Zartheit in kugligen Körperchen wahrzunehmen im Stande sein, sobald sie sich auf der hohen Kante stehend präsentirten. Hierzu kommt noch, dass die Annahme einer Scheibenform fast geboten erscheint, wenn man das Kugligwerden der Blutkörperchen genauer verfolgt. — Für gewöhnlich denkt man sich diesen Vorgang so, dass sich die centrale Depression aufbläht. *Kneuttinger* z. B. lässt an der Stelle der Depression die obere und untere Wand durch Protoplasmafäden vereinigt sein; zerreissen dieselben, so geht die Biscuitform in die Kugel über.**) Die Verhältnisse sind jedoch sicher andere und in ihrer Eigenthüm-

*) Vergl. auch *Henle*, Jahresber. I. 1866. S. 25.

**) Zur Histologie des Blutes. Würzburg 1865. S. 22.

lichkeit wohl zumeist desshalb übersehen worden, weil bei den gewöhnlichen Verfahrungsweisen die Veränderungen viel zu schnell verlaufen. Um diesem Fehler abzuhelfen hat man nur nöthig die Blutkörperchen entweder resistenter zu machen, oder die Einwirkung der verschiedenen Agentien gehörig zu moderiren. Was zunächst das Chloroform anbelangt, so ist schwer immer die gerade nöthige Menge des Zusatzes zu treffen. Nimmt man jedoch Blut, dem Kochsalz in Lösung von 1—2 Procent zugesetzt worden und lässt alsdann Chloroformdampf in mässigen Quantitäten auf die Körperchen wirken, so sieht man zuerst die Randpartien quellen. Die Scheiben werden zu breiten Ringen mit centraler heller Partie, deren Mitte wiederum mitunter deutlich als ein abgegrenzter schattirter Fleck erscheint (Lichteffect, s. früher). Alsdann verbreitet sich der Ring immer mehr auf Kosten des Centrums, die glänzenden Körperchen erscheinen wie mit einer feinen Nadel durchstochen, das scheinbare Loch wird zu einem matten Punkte, bis auch dieser schwindet, und die etwas abgeplattete oder vollständige Kugel durch Abgabe des Haemoglobins erblasst. Beim Beginne der Einwirkung nimmt die helle centrale Partie auch wohl eine eckige Form an. Ganz ebenso gestaltet sich der Vorgang, wenn man einem Blutpräparate ein Gemisch von Kochsalz (2 Procent) und Essigsäure ($^1/_2$ Procent) zufliessen lässt. Bei Seitenlage der Körperchen bemerkt man die Biscuitform in die Form einer bauchigen 8 übergehen, die beiden in der Mitte zusammenhängenden Kreise werden immer grösser und legen sich mehr und mehr aneinander, bis sie sich zu einem Körperchen vereinigen. Ein etwas anderes Bild erhält man natürlich, wenn die deprimirte Stelle von vornherein mehr excentrisch lag, es quillt alsdann hauptsächlich nur ein halbmondförmiges Stück und solche Körperchen mögen bei der Seitenansicht Veranlassung zur Aufstellung der Backschüsselform gegeben haben, welche man sich dadurch entstanden dachte, dass die centrale Depression nur an der einen Seite losgelassen. — Je nachdem man das Verhältniss zwischen Kochsalz und Essigsäure ändert, wird man den Process schneller oder langsamer verlaufen sehen, aber auch mit Essigsäure allein kann man die verschiedenen Uebergänge aus der Scheibenform in die Kugelgestalt verfolgen, nur darf man die Säure nicht mit Wasser vermischt dem Blute direct zusetzen, weil man sonst die Wasserwirkung mit der der Essig-

säure combinirt erhält. Bringt man dagegen 1 oder 2 Tropfen einer Essigsäure von etwa 1 Procent in eine Glaskammer und hängt eine dünne Blutschicht darüber, sodass die Säure nur in Dampfform mit derselben in Berührung treten kann, so hat man Gelegenheit auch hier deutlich zu constatiren, dass sich die centrale Depression nicht aufbläht, sondern dass die quellenden Ränder der Scheiben sich über die Mitte herüber wölben und schliesslich mit einander verschmelzen.

Auffallen kann eine derartige Verschmelzung nicht, da das Vorkommen einer dazu nothwendigen Erweichung der Blutkörperchensubstanz schon durch anderweitige Beobachtungen bekannt ist. Wir unterlassen es desshalb auch allgemeine Erörterungen an diese Erscheinung zu knüpfen, sondern heben nur als bemerkenswerth hervor, dass einzig die haemoglobinhaltige Randschicht aufquillt, während anderseits die Erweichung sich auch auf das Centrum erstrecken muss, da man schliesslich ein einfaches Körperchen, ohne innere Differenzirung der Substanz erhält. —

Wir gehen jetzt noch auf einige anderweitige Beobachtungen ein. Bringt man Blut in dünner Schicht über eine wässrige Lösung von Ueberosmiumsäure, sodass die flüchtige Substanz zu den Körperchen treten kann, so erhärten dieselben, ohne ihre Form und Farbe wesentlich zu verändern. Vor allen behalten die Säugethierblutkörperchen ihre centrale Depression, werden aber so resistent, dass man sie lange Zeit in Wasser oder Glycerin unverändert zu erhalten vermag und dadurch in den Stand gesetzt ist, sich gute Conservirungspräparate anzufertigen. Eine ähnliche Erhärtung tritt ein bei vorsichtiger Anwendung von Joddämpfen, wenn man Blutschichten über Wasser bringt, dem etwas Jodtinctur zugesetzt worden. Nur macht sich hier neben einer gewissen Formveränderung auch die Jodfarbe leicht bemerkbar, sowie ein körniger Niederschlag im Serum störend wirkt. Bei der Ueberosmiumsäure gerinnt das Serum gleichfalls, löst sich jedoch mit bräunlicher Farbe im Wasser wieder auf. Wie fest auch die Körperchen durch diese beiden Mittel geworden zu sein scheinen, so kann man sie durch Essigsäure doch zur Quellung bringen und zwar in beträchtlichem Grade. Säugethierblutkörperchen sahen wir einen Durchmesser von 0,02 Mm. erreichen und im Froschblute die Zellen bei einer Breite von 0,03 Mm. 0,05 Mm. lang werden.

Bei letzteren nehmen die Kerne keinen hervorragenden Antheil an der Quellung, bei ersteren aber sahen wir auch nicht die Spur einer besonders gearteten centralen Partie hervortreten. In Carminlösung bleiben die mit Ueberosmiumsäure behandelten Blutkörperchen unverändert; setzt man jedoch eine geringe Menge von Essigsäure zu einem Präparate in Carmin, so tritt der Farbstoff sofort in die Körperchen über. Die leicht quellenden Blutkörperchen nehmen das Carmin auf und halten es fest.*) Beim Froschblut färbt sich bei vorsichtigem Verfahren besonders der Kern in ausgezeichneter Weise, die Säugethierblutkörperchen dagegen werden im Ganzen gefärbt, ja es bleibt die dünnere Mitte bei weniger intensiver Wirkung ganz frei von Farbstoff.

Fassen wir die bisher besprochenen Erscheinungen zusammen, so lassen sie sich unserer Ansicht nach sämmtlich mit der Annahme vereinigen, dass die Blutkörperchen im Allgemeinen bestehen aus einem Stroma und den in dasselbe eingelagerten Substanzen, Bestandtheile, welche *Brücke* in seiner neuesten Arbeit über die Amphibienblutkörperchen als Oikoid und Zooid einander gegenüber gestellt hat. Die Verbindung beider ist unter gewöhnlichen Verhältnissen eine derartige, dass sie durch verschiedene Einwirkungen leicht von einander getrennt werden können. Hat jedoch eine Verdichtung der Masse der Blutkörperchen stattgefunden, etwa durch Ueberosmiumsäure, sind dadurch die Bedingungen einer Loslösung erschwert oder aufgehoben, so wird die quellungsfähige Substanz das Stroma ausdehnen und zur Bildung der erwähnten sehr grossen Scheiben Veranlassung geben können.

Es wird wünschenswerth sein, bei weiteren Untersuchungen darauf zu achten, ob die angewendeten Mittel auf einen Theil der Blutkörperchensubstanz allein oder auf beide zugleich einwirken. Einiges ergiebt sich bereits aus dem Vorgebrachten. Wir wollen hier nur noch der Kohlensäure gedenken, um den Unterschied hervorzuheben, den ihr gegenüber Säugethier- und Amphibienblut zeigen. Leitet man durch gewässertes Blut Kohlensäure, so entsteht bekanntlich ein feinkörniger Niederschlag, und dieser ist beim Froschblute viel beträchtlicher, als bei dem

*) Vielleicht gestattet diese Beobachtung einen Schluss auf das Wesen der Carminwirkung überhaupt.

eines Säugethieres. Lässt man zu verdünntem Froschblute unter dem Mikroskope Kohlensäure treten, so sieht man den Niederschlag in den Körperchen selbst entstehen und überzeugt sich auch von einer Betheiligung des Kernes, welcher sich verkleinert, dunkeler wird und Körnchen einschliesst. In den Blutkörperchen der Säugethiere beobachtet man bei derselben Behandlung keine Trübung. Ganz ebenso verhält sich, wie gleichfalls bekannt, die Essigsäure, indem ihre Dämpfe in Froschblutkörperchen anfangs einen beträchtlichen Niederschlag erzeugen, in denen der Säugethiere dagegen nicht, und kann man hieraus den Schluss ziehen, dass die Säugethierblutkörperchen eine Substanz gar nicht oder wenigstens in weit geringerem Maasse enthalten, als dies bei den Froschblutkörperchen der Fall ist. Diese Substanz ist das Globulin resp. Paraglobulin. —

Zum Schlusse führen wir noch kurz unsere Erfahrungen an über das Verhalten der Blutkörperchen im luftleeren Raume. Um dasselbe einer directen Beobachtung zugängig zu machen, liessen wir uns einen breitwandigen, abgeschliffenen Metallring mit Zu- und Abflussrohr anfertigen, kitteten denselben auf eine Glasplatte und bedeckten ihn unter Zuhülfenahme von Talg mit einem die Blutschicht tragenden Deckgläschen. Das eine Rohr wurde alsdann durch einen Gummischlauch mit der Ludwig'schen Quecksilberpumpe in Verbindung gesetzt, das andere diente zum Anfügen einer Barometerprobe. Wie diese uns zeigte schloss unser Apparat gut, wir konnten einen annähernd luftleeren Raum erzeugen. Unter dem Mikroskop wurde zunächst der Zustand der Blutkörperchen untersucht, dann plötzlich durch Oeffnen eines Quetschhahnes die Verbindung der Kammer mit der bereits vorher luftleer gemachten Glaskugel hergestellt und nun wieder die Blutkörperchen aufgesucht, welche durch eine Einbiegung des Deckgläschens ausser Gesicht gekommen waren. Weder beim Frosche noch bei Säugethieren konnten wir irgend welche Formveränderung der Blutkörperchen wahrnehmen, nur nach einiger Zeit fingen sie an ihren Farbstoff abzugeben, vielleicht desshalb, weil wir, um die Austrocknung zu vermeiden, in die Kammer etwas Wasser eingebracht hatten. Die Versuche mit diesem Apparate werden sich ersichtlich mannigfach variiren lassen, wir begnügen uns für jetzt damit zu constatiren, dass die Blutkörperchen im luftleeren Raume zunächst keine Veränderungen wahrnehmen lassen.

Die Ausmessung der strömenden Blutvolumina.

Von

Dr. J. Dogiel.

Die Fortschritte, welche in der Lehre von den Gefässnerven geschehen sind, lassen die Strömungen des Bluts in einem neuen Lichte erscheinen; somit erwecken sie den Wunsch, die Folgerungen, zu welchen die Nervenreizung geführt, unmittelbar durch die Anschauung des Blutstroms bestätigt, vielleicht auch erweitert zu sehen. — Die vervollkommneten Methoden der Gerinnung und Zerlegung der Blutgase haben die Aussicht eröffnet, dass man die Veränderungen des Gasaustausches, welcher innerhalb der Organe geschieht, genauer als bisher werde darstellen können, wenn es gelingen sollte, entsprechend genau die Blutmengen zu messen, welche durch beschränkte Gefässabschnitte fliessen.

Ein Verfahren, welches die ausgesprochenen Wünsche befriedigen sollte, musste den beiden Bedingungen genügen: auf kleine Arterien bis zu 1 Mm. Durchmesser herab anwendbar zu sein, und die durch den untersuchten Querschnitt gegangenen Volumina arteriellen Blutes mit einer Genauigkeit anzugeben, die nicht allzuweit von derjenigen anderer Methoden abstand, mit denen sie combinirt werden sollte. Beide Bedingungen werden aber, um noch von Anderm abzusehen, durch die Dromometer von *Volkmann* und den Pendel von *Vierordt* mit den Verbesserungen von *Chauveau* nicht befriedigt. Die genannten Methoden haben unzweifelhaft ihren grossen Werth: insbesondere dürfte das Strompendel, in der Form, die ihm *Lortet**) ge-

---

*) Recherches sur la vitesse du cours du sang. Paris 1867.

geben, als ein Mittel anzusehen sein, dem noch manche Entdeckung gelingen wird; aber brauchbar ist auch dieses nur für Arterien von grossem Caliber und ausgesprochenermaassen giebt es nur proportionale, keine absoluten Nachrichten über die mittlere Geschwindigkeit.

Für unsere Zwecke mehr geeignet erschien ein Instrument, welches von Professor *C. Ludwig* angegeben wurde; da dasselbe noch nicht auf seine Anwendbarkeit geprüft war, so übernahm ich nach Aufforderung diese Arbeit in dem Institut zu Leipzig.

Das Princip des neuen Verfahrens ruht, um mit den Wasserbaumeistern zu sprechen, auf der Aichung des Stromes; es misst also das gesammte Volum an Flüssigkeit, welche während der Beobachtung durch ein Gefäss gegangen ist. Um diese Absicht zu ermöglichen wird in den Verlauf einer Arterie ein kurzer aufrechtstehender Glasheber eingeschaltet, dessen beide Schenkel kugelartig aufgeblasen sind. Der dem Herzen zugewendete Heberschenkel ist mit gereinigtem Olivenöl, der nach den Capillaren hin gerichtete mit defibrinirtem Blut gefüllt. Lässt man nach geschehener Einschaltung den Blutstrom in das Instrument treten, so wird das vom Herzen kommende Blut das Oel in den andern Schenkel drängen, der blutige Inhalt dieses letzteren aber gegen die Capillaren hin abfliessen. Da der Inhalt der Kugeln bekannt und die Zeit messbar ist, welche zur Verdrängung des Oels aus der ersten Kugel nothwendig war, so erfährt man unmittelbar die Blutmenge, welche in der Zeiteinheit durch die Arterie geht. Diese Art zu beobachten würde jedoch, schon wegen der Kürze ihrer Zeitdauer, sehr mangelhaft sein, wenn nicht diesen und andern Uebelständen dadurch abgeholfen wäre, dass die Kugeln zu einem neuen Versuche zu verwenden sind, ohne dass man dieselben aus ihrer Verbindung mit dem Blutgefäss zu lösen braucht. Durch eine Zuthat, welche der Heber empfangen hat, ist darum dafür gesorgt, dass der vom Herzen kommende Strom, nachdem er die erste Kugel gefüllt, augenblicklich in die zweite ölhaltige Kugel eindringen, und dass zu derselben Zeit das in der ersten Kugel enthaltene Blut nach den Capillaren hin ausfliessen muss. Diese alternirende Füllung jeder Kugel bald mit Blut und bald mit Oel konnte in den mir überlieferten Apparaten auf zwei verschiedene Weisen bewirkt werden; entweder durch einen Stromwender, welcher dem Gyrotop

nachgebildet ist, oder dadurch, dass die Kugeln selbst gedreht werden konnten. Da ich beide Modificationen des Instruments

Fig. 1.

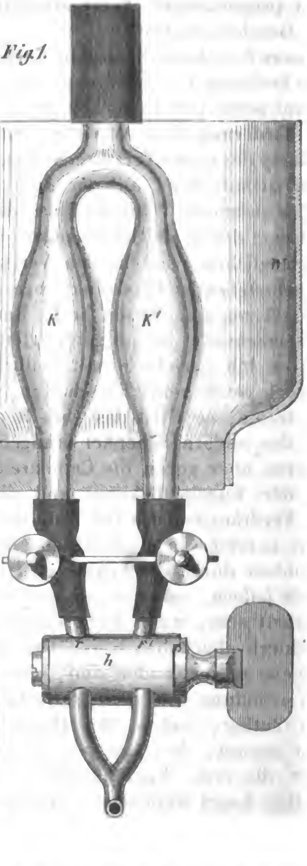


Fig. 2.



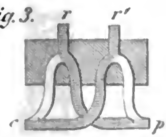
benutzt und geprüft habe, so werde ich beide beschreiben und beide dadurch unterscheiden, dass ich die Eine als Stromuhr mit Stromwender, die Andere als Stromuhr mit Kugeldrehung

bezeichne. Ich bemerke jedoch, dass ich dem Instrumente mit Kugeldrehung schliesslich den Vorzug gegeben habe, schon darum, weil die mechanischen Schwierigkeiten seiner Herstellung und seines Gebrauchs die weitaus geringeren sind.

Stromuhr mit Stromwender.

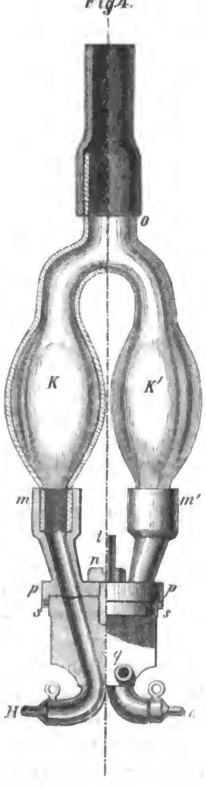
Ihre Einrichtung ist in natürlicher Grösse durch die Holzschnitte 1, 2, 3 versinnlicht. Jede der beiden Glaskugeln Fig. 1 *k k'* ist an ihrem freien Ende durch einen Kautschukschlauch mit den Metallröhren *r r'* verbunden, die aus dem stromwendenden Hahn hervorgehn. Die Anordnung der Röhren innerhalb des stromwendenden Hahns verdeutlicht die Fig. 3 schematisch, *r r'* stellen die metallenen Hülsen des Hahns von Fig. 1 vor; man sieht, dass innerhalb des Hahns jeder Canal sich theilt und dass dann jenseits des Hahns je zwei dieser Röhren wieder zu einer zusammengefasst werden. — Die beiden Canäle *c* und *p* vermitteln die Verbindung der Uhr mit der Arterie, und zwar so, dass wenn *c* in das centrale Ende der letztern eingeschaltet ist, *p* mit dem peripheren Ende derselben in Verbindung steht. Die Art, wie die Verbindungscanäle zwischen Uhr und Arterie am Apparat wirklich angeordnet sind, lässt Fig. 1 in der Flächen- und Fig. 2 in der Stirnansicht des Hahns erkennen. Durch diese Art der Hahnbohrung ist also jede der beiden Kugeln mit jedem der beiden Arterienenden in Verbindung zu setzen. Die Bohrungen im Kern des Hahnes sind so gestellt, dass die Verbindungen *c r'* und *p r* verschlossen sind, wenn *c r* und *p r'* offen stehn; in der Figur ist dieses dadurch angedeutet, dass *c r'* und *p r* schraffirt, *c r* und *p r'* dagegen nicht schraffirt sind. Die Wirkung dieser Röhrenkreuzung ist leicht verständlich; gesetzt, es komme von der Herzseite *c* der Strom zunächst durch *r* in die ölhaltige Kugel *k*, so wird der Strom aus der Kugel *k'* durch das Rohr *r'* nach *p* hin abfliessen müssen. Wenn in Folge hiervon das Blut, welches die Kugel *k'* enthält, nach der Capillarenseite hin ausgetreten und durch Oel ersetzt ist, so dreht man den Kern des Hahns so weit, bis die Röhren *c r* und *p r'* verschlossen und dafür die

Fig. 3.



Röhren $c\,r'$ und $p\,r$ eröffnet sind. Das von c kommende Blut geht nun zunächst durch $c\,r'$ in die ölhaltige Kugel k' und drängt von hier das Oel in die Kugel k, die ihr Blut durch $p\,r'$ nach c hin entleert. Aus dieser Darstellung wird ersichtlich, dass man so lange, als dies durch die Blutgerinnung nicht gehindert wird, einen Strom des Bluts von c nach p führen kann, wenn man nur die Umdrehung des Hahns jedesmal zu richtiger Zeit vornimmt.

Fig. 4.



Stromuhr mit Kugeldrehung.

Die Holzschnitte 4 bis 7 versinnlichen ihren Bau. In Fig. 4 ist die eine der Kugeln (k) sammt ihren metallenen Fortsetzungen im Durchschnitt, die andere derselben (k') in der Flächenansicht gezeichnet. Jede der Kugeln ist, wie man sieht, an ihrem freien Halse von einer Metallhülse ($m\,m'$) umgeben, welche aus der Platte pp hervorgehn. Die Platte pp liegt auf der Scheibe ss; in Berührung mit dieser wird sie erhalten durch eine in das Centrum beider Stücke eingesetzte Schraube; ausserdem umgreift die Platte pp auch noch den halben Umfang des freien Randes der Scheibe ss durch einen Halbring, der über die untere Fläche der Platte pp hervorragt. — Die Metallscheibe ss (siehe Fig. 7) ist zweimal durchbohrt; diese Bohrlöcher setzen sich in zwei Röhren $n\,c$ fort, deren Fleisch in das der Scheibe ss übergeht. Die Röhren $h\,c$, welche die Zuflussröhren der Kugeln genannt werden sollen, können mit Hülfe von angesetzten Canülen in die beiden Enden der durchschnittenen Ar-

terie eingefügt werden. — Da die Schraube *n* (Fig. 4, 6, 7), welche das Centrum der beiden Kreisflächen *pp* und *ss* durchbohrt, nur sanft angezogen ist, so kann die Platte *pp* sammt den von ihr getragenen Kugeln auf der Scheibe *ss* um 180° gedreht werden, wobei in ihren Grenzstellungen entweder die Kugel *k* über

Fig. 5.

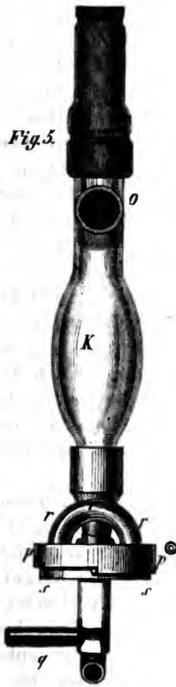


Fig. 6.

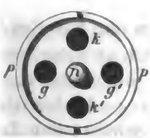
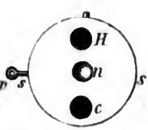


Fig. 7.



die Ausmündung der Röhre *h* oder über die Fortsetzung von *c* gelegen ist. Gesetzt, es sei ursprünglich *k* mit Oel gefüllt gewesen und *k'* mit defibrinirtem Blut, so wird der Strom, welcher von der Herzseite *h* herkommt, das Oel nach *k'* drängen und das Blut dieser letztern Kugel wird durch *c* ausweichen.

Ist die Kugel k' bis zu ihrer untern Grenze mit Oel gefüllt, so dreht man rasch die Kugel um, so dass die Mündung der Kugel k' über die Oeffnung von h auf der Platte s zu liegen kommt, wodurch natürlich die Kugel k gegenüber der Mündung von c steht. Um aber dem Blutstrom ausser dem eben beschriebenen Weg durch die Kugeln noch einen andern kürzeren zu gestatten, kann man der Platte pp noch zwei Bohrungen ertheilen, deren Mittelpunkte auf einer Linie gelegen sind, die senkrecht zu der Verbindungslinie der Centren jener Bohrlöcher gerichtet ist, welche in die Hülsen für die Glaskugeln übergehen. Der Holzschnitt 6 giebt die untere Flächenansicht der Scheibe pp; $k'k$ sind die Bohrlöcher, welche den Kugeln entsprechen. Die Bohrlöcher gg sind die neuen, so eben beschriebenen. Diese Bohrlöcher sind auf der obern Fläche der Scheibe pp durch eine kurze gekrümmte Röhre r mit einander verbunden.

Der Holzschnitt 5 stellt unsern Apparat in der Seitenansicht dar. In ihr ist jedoch nur die Kugel k erhalten, die Kugel k' dagegen abgeschnitten, so dass man die kurze Röhre rr ihrer ganzen Länge nach sieht; man bemerkt, dass der kleine Bogen, den sie bildet, zwischen den Schenkeln des grösseren herläuft, der durch die Kugeln hergestellt wird. Hat man die Plattenmündungen der Röhre rr den Mündungen h und c gegenüber gestellt, in welche die Gefässcanülen auf der Scheibe ss sich öffnen, so nimmt natürlich der Blutstrom seinen Weg durch die kurze Röhre und der Inhalt der nun abgeschlossenen Kugel bleibt in Ruhe.

Nachdem ich hiermit im Allgemeinen den Bau des Apparats genügend erklärt zu haben glaube, gehe ich zu einer specielleren Darstellung seiner einzelnen Stücke und seines Gebrauchs über.

1. Form und Grösse der Kugeln. — An den Glasbogen, welcher die beiden Kugeln k verbindet, wird in den Zeichnungen 2 und 4 schon ein kurzes Glasröhrchen o aufgefallen sein, welches von der Mitte des Bogens senkrecht emporsteigt. Dieses Röhrchen ist nothwendig, um das Oel in die zweite Kugel einzufüllen, nachdem die erste sowohl wie die metallenen Röhrenstücken des Apparates schon von unten her mit Blut gespeist waren. Sind die Kugeln mit Oel und Blut gefüllt, so bleibt öfter noch eine kleine Luftblase in irgend einem Theil des Apparats zurück, welche jedesmal ihren Weg in das kurze senkrechte Röhrenstück sucht und somit aus der Strombahn

herauskommt. Das Kautschukröhrchen, welches auf das senkrechte Glasrohr gesetzt ist, gestattet mittelst einer Klemme oder Glasstopfens einen raschen und sichern Verschluss dieser seitlichen Oeffnung.

Die Räumlichkeit der Kugel muss man der Grösse des Thiers anpassen, an welchem der Apparat angewendet wird. Als ich meine Versuche begann, wendete ich Kugeln an, von denen je eine 42 Ccm. fasste. Schon nach einem Versuch kam ich von dem Gebrauche so grosser Kugeln zurück; ich habe von da ab mit Vortheil bei grösseren Hunden Kugeln gebraucht, von denen je eine von einer Marke des untern Halses bis zu einer andern des obern 14,7 bis 15,3 Ccm. fasste; bei Versuchen an kleineren Hunden dienten Apparate mit einem Kugelraum von 6,1 bis 6,3 Ccm., bei Versuchen an Kaninchen endlich fasste jede der Kugeln nur 2 Ccm.; bei dieser Räumlichkeit wächst die Zeit, welche zur Füllung einer Kugel verbraucht wird, so weit an, dass sie noch mit hinreichender Genauigkeit bestimmt werden kann; denn nur in sehr seltenen Fällen sinkt die Zeit, in welcher sich eine Kugel füllt, unter 8 bis 10 Secunden herab. Den Kugeln ein grösseres Volum zu geben, verbietet der Umstand, dass die Fälle gar nicht selten sind, in welchen zur Füllung der Kugeln 30, öfter sogar über 100 Secunden nothwendig sind. Hätte man bei einem so langsamen Blutstrom noch grössere Kugeln benutzt, so würde man immer Gefahr laufen, den Versuch wegen eingetretener Blutgerinnung unsicher zu machen.

Der Rauminhalt der beiden Kugeln muss immer möglichst gleich gross sein; eine Aufgabe, die ein geschickter Glasbläser bekanntlich leicht erfüllen kann. Den Inhalt meiner Kugeln von einer Marke zur andern habe ich durch Auswägen mit Wasser oder Quecksilber bestimmt und nur solche Kugelpaare in Gebrauch gezogen, die von einer Verengerung zur andern keinen grösseren Unterschied ihrer Räumlichkeit als höchstens von wenigen Zehntheilen eines Cubikcentimeters darboten. Die Kugeln von ungefähr 15 Ccm. unterschieden sich von 0,2 bis zu 0,5 Ccm. von einander, die von ohngefähr 6 Ccm. nur durch 0,1 Ccm. Die kleinste Sorte endlich hatte paarweise genau denselben Binnenraum.

Die Form, welche man den kugelartigen Gefässen giebt, ist nicht gleichgültig, weil bekanntlich beim Uebergang eines

kleinen Stromquerschnittes in einen grösseren durch ungünstige Verhältnisse der Dimensionen Wirbel entstehen, welche den fortschreitenden Strom sehr hemmen. Man sollte nun allerdings denken, dass dieses bei einer so unregelmässigen Bewegung wie der Blutstrom nicht von wesentlicher Bedeutung sei; ich habe mich jedoch vom Gegentheil überzeugt, denn ich fand einen Unterschied im Widerstand je nachdem ich den Kugeln bei gleicher Weite ihres Einflussrohrs und gleicher Entfernung der Ausflussmündungen eine mehr oder weniger bauchige Gestalt geben liess. — Der Durchmesser der gläsernen Eingangsröhren in die Kugeln betrug bei allen Kugelsorten etwas über 5 Mm. Bei der kleinsten betrug der Durchmesser der grössten Ausbuchtung der Kugel etwa 14 Mm. und die Entfernung dieses Querschnitts von der Ein-, resp. Ausflussmündung 11 Mm. Bei der mittleren Kugelsorte waren die genannten Werthe 17 und 19 Mm. Bei der grössten Kugelsorte endlich 24 und 26 Mm. Die Verhältnisse zwischen den Durchmessern des grössten und kleinsten Querschnitts und ihren Abständen von einander weichen von denjenigen beträchtlich ab, welche die praktischen Hydrauliker den conisch zulaufenden Röhren ertheilen, wenn sie das Minimum des Widerstandes herbeizuführen trachten*). Dem entsprechend habe ich nun auch bemerkt, dass in meinen Kugeln Wirbel entstanden, wenn ich dieselben in einen geradlinigen Wasserstrom einschaltete. Meine Kugeln haben also keinenfalls das Minimum des Widerstandes gegeben; trotzdem konnte ich dieselben, wie man sehen wird, noch mit Vortheil verwenden; damit soll jedoch keineswegs die Meinung ausgesprochen sein, dass eine besondere Versuchsreihe über die günstigste Gestalt der Kugel unnöthig wäre; ich bin an ihr nur deshalb verhindert worden, weil Leipzig keinen geschickten Glasbläser beherbergt.

2. Metallröhren zwischen den Glasstücken und der Arterie. — Die Bedingungen, welche die Gestalt dieser Theile bestimmen, sind theils durch physiologische und theils durch physikalische Rücksichten bestimmt. Aus physiologischen Gründen wird man die Abstände der Zu- und Ausflussmündungen von einander möglichst gering zu machen haben und insbesondere

*) *Eytelwein*, Handbuch der Hydraulik. Leipzig 1842. S. 86 ff.

wird dieses bei den Apparaten der Fall sein müssen, welche man in kleinere Gefässe einsetzen will. Dieses leuchtet ohne Weiteres ein. Bei meinen kleinen Apparaten betrug der Abstand der beiden Mündungen 8 Mm. Daraus folgt nun, wie die Fig. 2 sehen lässt, dass die Röhre, um von der Arterie bis zur Kugel zu gelangen, in einem Bogen gehen muss. Diese Biegungen müssen selbstverständlich so allmälig geschehen, dass nirgends ein Knick oder ein Vorsprung entsteht.

Wenn man sich nun auch Apparate von verschiedenen Dimensionen bauen lässt, so wird dieses doch nicht in so grossem Umfang geschehen, dass man jedesmal einen auswählen könnte, dessen freie Mündung sich genau an den Durchmesser der Blutgefässenden anschlösse, welche man zum Behuf des Versuches blossgelegt hat. Man wird sich also immer entschliessen müssen, einen Apparat von derselben Dimension für Arterien von verschiedenem Durchmesser anzuwenden, wobei man sich jedoch gewisse Grenzen zwischen den Maassen des Apparates und der zu verwendenden Arterie feststecken kann und muss. Um sich aber innerhalb dieser Letzteren von dem Missverhältniss zwischen den Durchmessern der Arterien und der Röhrenmündungen frei zu machen, wird man sich eine Anzahl von Canülen erwerben müssen, welche conisch zulaufen; die weitern Enden derselben müssen sämmtlich auf die Mündungsröhren des zugehörigen Apparates aufgeschliffen sein, so dass sie durch blosses Aufstecken wasserdicht schliessen. Das engere Ende der Canüle muss dagegen bei verschiedenen Exemplaren einen ungleichen Durchmesser besitzen; so wurden z. B. für den kleineren Apparat, dessen metallene Mündungen 3 Mm. betrugen, eine Anzahl von Canülenpaaren hergestellt, deren Durchmesser an der Mündung, welche in der Arterie eingesetzt werden sollte, von $^1/_4$ bis zu $^1/_4$ Mm. wuchsen. Hätte also das an ihrem Arterienende engste Canülenpaar einen Durchmesser von 1 Mm. besessen, so würde das demnächst darauf folgende $1^1/_4$, das darauf folgende $1^1/_2$ Mm. Durchmesser an seiner arteriellen Mündung gehabt haben u. s. f. Wenn nun die Arterie blossgelegt ist, so misst man mit einem Tasterzirkel ihren äussern Durchmesser und sucht sich unter dem Canülenvorrath dasjenige Paar aus, dessen engste Mündung um etwas weiter als der äussere Durchmesser der Arterie ist, und setzt dieses in die letztere ein, was trotz der grösseren Weite der

Canüle immer möglich ist. Die Ausdehnung, welche die Arterie durch die so beschaffenen Canülen erfährt, verhindert zugleich, dass die Lichtung der Arterie durch das eingesetzte Röhrchen beengt wird; rührten also die Schaden der Einsetzung nur von der Beengung des Arteriendurchmessers her, so würde jedem Uebelstande abgeholfen sein; dieses ist jedoch nicht der Fall, indem ja ebensowohl die plötzliche Erweiterung wie die plötzliche Verengung schädlich ist; jedenfalls wird also durch die Einsetzung starrer Röhren ein Widerstand eingeführt werden, der jedoch unter keinem Umstand vermieden werden könnte, weil ja die Arterie fortwährend mit dem wechselnden Druck ihres Inhalts den Durchmesser ändert. Hierauf komme ich später noch zurück.

Die Metallstücke, welche sich von dem engern Durchmesser der Canülen bis zu dem weiteren der Kugel erstrecken, müssen ganz allmälig am Lichte wachsen, eine Forderung, die bei der Stromuhr mit drehbaren Kugeln ohne grosse Schwierigkeit zu erfüllen ist.

Damit bei den verschiedenen Stellungen, welche die obere Platte gegen das in den Arterien festsitzende Stück annimmt, die Mündungen der ersteren genau auf diese letztern passen, müssen beide Platten mit Vorsprüngen versehen sein, welche die Drehungen der obern Scheibe nur bis zu der verlangten Grenze auf der untern gestatten. Wenn, wie in der Regel, der Strom nur innerhalb der Kugeln seine Richtung ändern soll, so genügt es, dem untern Rand der obern Scheibe in einer Ausdehnung von 180° einen Ausschnitt, und dem freien Rand der untern Scheibe und zwar gerade einer Kugel gegenüber einen kleinen Vorsprung zu ertheilen; wenn dagegen ein Apparat benutzt werden soll, in welchem ausser den Kugeln auch noch das Röhrchen *rr* (Fig. 4) aufgesetzt ist, so muss die Stellung für dieses durch eine kleine Oeffnung markirt sein, welche den Rand der obern Scheibe durchbohrt und noch um ein Kleines in das Fleisch der untern hineinragt. In diese sich entsprechende Oeffnungen beider Scheiben passt ein Stiftchen, durch dessen Einstecken die Lage der Theile zu einander fixirt werden kann. Diese letztere Art der Arretirung nimmt allerdings etwas mehr Zeit in Anspruch, was hier jedoch von keiner Bedeutung ist, da es im Gang des Versuchs niemals nöthig wird, plötzlich aus der Stellung, in welcher das Blut durch die Ku-

geln läuft, in diejenige überzugehen, bei welcher es seinen Weg durch das kurze Röhrchen nimmt.

3. Die Anlegung und Feststellung des Apparats. Die Fig. 8 giebt das Bild eines Kaninchens, in dessen a. Carotis der Apparat eingesetzt ist. Man gewahrt zunächst, dass der Kopf des Thieres bei gestreckter Lage des Halses sehr sorgfältig fixirt ist; zu dieser Feststellung dient der sehr zweckmässige und sinnreich construirte Kopfhalter von *Czermak*. Da dieses nützliche Instrument sehr rasch eine grosse Verbreitung in der physiologischen Welt gefunden hat, so glaube ich, trotzdem, dass eine Beschreibung desselben noch nicht erschienen ist, doch einer solchen überhoben zu sein. Für meinen Zweck war der Halter um so werthvoller, weil er den Blutstrom durch die Kopfhaut in keiner Weise beeinträchtigt und das Thier nicht schmerzhaft erregt, was dem früher im hiesigen Laboratorium gebrauchten und von *Lovén* beschriebenen Kopfhalter nicht nachgerühmt werden kann. Der Halter von *Czermak* eignet sich nicht allein für das Kaninchen, sondern in etwas grösseren Dimensionen ausgeführt auch für kleine Hunde. Bei grösseren Hunden bedarf man seiner nicht; bei ihm reicht man mit dem bekannten an einem Eisenstab befestigten Knebel aus, bei welchem die Zange des *Czermak*'schen Kopfhalters durch eine Schnur ersetzt ist.

Ist das Thier am Kopf und den Gliedmassen auf dem Operationsbrett befestigt, so legt man die Arterie durch eine entsprechende Wunde bloss, sucht nach der vorher gegebenen Anleitung das passende Canülenpaar aus, legt 2 kleine Klemmpincetten in der entsprechenden Entfernung an der Arterie an, schneidet ein kurzes Stück aus der Arterie und bindet darauf die Canülen ein. Das freie Ende dieser letztern steckt man alsdann über die Mündung des vorher gefüllten Apparats, wobei natürlich den Mündungen der Kugel auf der oberen Scheibe eine solche Stellung gegeben werden muss, dass dieselben durch die untere Scheibe verschlossen sind. Um das Abgleiten der Canülen von den Mündungen des Apparats zu vermeiden, zieht man dieselben mittelst eines Fadens gegen einander, der durch die Ringchen der Canülen läuft. Darauf giebt man den Canülen und dem Apparat die Lage, bei welcher die Enden der durchschnittenen Arterie, ohne Zerrung zu erleiden, in gerader Fort-



Fig. 8.

setzung zu einander liegen. In dieser Stellung befestigt man den Apparat unverrücklich, wozu die Zange *tuv* dient, welche in einer Hülse *q* steckt, die auf demselben Stabe zu bewegen

und zu befestigen ist, der auch den Kopfhalter trägt. Damit die beiden Backen der Zange, die durch die Schraube *v* sicher aneinander gepresst werden kann, den Apparat fest halten können, sind die beiden Röhren, welche von der Scheibe *ss* (Fig. 2) zu den Mündungen *H* und *C* gehen, in eine starke Messingplatte eingelassen, welche in Fig. 2 von der Flächen- und Fig. 4 in der Seitenansicht dargestellt ist.

Will man mit der Geschwindigkeit zugleich den Druck messen, so setzt man das oder die Manometer mit den Röhrchen *mm'* in Verbindung, von denen das eine diesseits der ersten Kugel, das andere jenseits der zweiten mit den metallenen Ausflussröhren der Kugeln in Verbindung steht. Beabsichtigt man keine Druckbeobachtungen, so müssen die Röhrchen *mm'* durch Kautschuk und Klemmen verschlossen werden.

Für die rasche und sichere Drehung der Kugeln ist es nothwendig, mit der obern Scheibe noch eine Gabel *g* zu verbinden. Die unteren Enden der Gabelzinken laufen in 2 Hülsen aus, welche auf zwei kurze Stäbchen gesteckt werden, die aus der obern Fläche der Scheibe *ss* hervorragen, von denen einer in Fig. 2 bei *t* zu sehen ist. Wenn der Apparat in der Zange gut festgehalten wird, so kann man mit der Gabel die Umdrehung der Kugel fast momentan bewerkstelligen.

4. Füllung des Apparats. — Das Blut, welches ursprünglich in beide Metallröhren und in eine der Kugeln einzuführen ist, habe ich immer von einer Thiergattung genommen, die mit derjenigen gleichnamig war, an welcher ich den Versuch anstellen wollte. Es war frisch geschlagen und durch Leinwand filtrirt. — Das Oel, welches ich anwendete, war neutrales Olivenöl, das anhaltend und mit wiederholt erneuerten Quantitäten von Wasser erwärmt und geschüttelt wurde. Hierdurch entzieht man dem Oel bekanntlich seine schleimigen Bestandtheile, die Entfernung derselben ist durchaus nothwendig, weil sich ohne dieses das Oel beim Hingang an der Glaswand nicht loslöst, so dass alsdann die Grenze zwischen Blut und Oel keine scharfe wird. Ist dagegen das Oel schleimfrei, so verdrängt das Blut die über ihm liegende Oelschicht höchst vollständig bei ihrem Fortschreiten von der Glaswand, so dass von dieser Seite her in der engen wie in der weiten Abtheilung des Apparats der Versuch den strengsten Anforderungen entspricht. Die Einfüllung des Blutes muss der des Oeles vorausgehen; sie

geschieht mit einer Spritze, die durch ein Kautschukröhrchen an die Ein- und Ausflussmündung des Apparats gesetzt wird, von unten her. An der einen Seite füllt man die Kugel so weit, dass das Blut bis an die Marke reicht, welche oberhalb der Kugel angebracht ist; die andere Seite füllt man dagegen nur bis zu der Marke unterhalb der Kugel mit Blut. Ist die Einfüllung des Blutes geschehen, so dreht man die Scheibe, welche die Kugeln trägt, um einen rechten Winkel, mit andern Worten: man giebt ihnen eine Stellung, bei welcher ihre unteren Oeffnungen abgeschlossen sind. In dieser Lage führt man alsdann das Oel ein, und zwar durch die Oeffnung des Röhrchens, das senkrecht aus dem Verbindungsbogen der beiden Kugeln emporsteigt, mittelst einer fein ausgezogenen Glasröhre, damit das eindringende Oel der im Apparat enthaltenen Luft den Austritt nicht verwehrt. Ist der vom Blute übriggelassene Raum mit Oel erfüllt, so verschliesst man die Oeffnung des senkrechten Füllungsröhrchens.

Aus Gründen, die sogleich besprochen werden sollen, ist es immer rathsam, gleichzeitig mehrere Apparate vorzubereiten, die selbstverständlich von möglichst gleichen Dimensionen sein müssen.

5. Temperatur des Inhalts der Kugeln. — Wegen der reizenden Wirkung, welche ein Blut von niederer Temperatur auf die Gefässmuskeln und bei Versuchen an der Carotis auf das Hirn ausübt, muss man es für wünschenswerth halten, dass das Blut, welches aus dem Apparat in die Gefässbahnen eindringt, der normalen Körperwärme möglichst gleichkomme. Um dieses zu erzielen, pflegte ich die gefüllten Apparate vor ihrer Einsetzung in einen Raum zu hängen, dessen Temperatur zwischen 36 und 40° schwankte, damit der flüssige Inhalt der Kugeln sich auf die bezeichnete Höhe erwärmte. Diese Vorbereitung genügt, vorausgesetzt, dass der Blutstrom ein rascher ist, sodass etwa binnen 10 bis 15 Secunden das Blut aus der einen Kugel entleert und durch neues in der andern ersetzt wird; wenn dagegen zur Füllung einer Kugel durch den natürlichen Blutstrom viele Secunden verbraucht werden, und wenn in Folge dessen der Inhalt des Apparats voraussichtlich Zeit hat, um sich merklich abzukühlen, so wird es gerathen sein, die Erwärmung auch noch während des Versuchs fortzusetzen. Diese Vorsichtsmaassregel empfiehlt sich vorzugsweise bei Beob-

achtungen an Kaninchen, da bei ihnen wegen der kleinen Dimensionen des Apparats die Abkühlung vorzugsweise rasch erfolgen kann; da ferner bei den genannten Thieren die Fälle sehr langsamen Blutstroms häufiger sind, und endlich, weil es den Anschein hat, als ob die Gefässe der Kaninchen viel mehr als die des Hundes durch Abweichungen, welche die Temperatur des Blutes von der normalen erleidet, zu Contractionen veranlasst würden.

Damit man auch während des Versuchs die Kugeln in einen Raum von beliebiger Temperatur bringen kann, genügt es, sie mit einem oben offnen Glasgefäss zu umgeben, welches man mit Wasser von der gewünschten Temperatur anfüllt. Diese Glashülse muss jedoch so angebracht werden, dass hierdurch die Handgriffe, welche zum Wechsel des Stromes nothwendig sind, nicht beeinträchtigt werden. Bei der Stromuhr mit stromwendendem Hahn kann man die Glashülse an den Metallstücken unmittelbar über dem Hahn befestigen, wie dieses der Holzschnitt erkennen lässt, wo *w w* den Wasserbehälter wiedergiebt; bei dem Stromwender mit Kugeldrehung muss die Glashülse mit der untern Scheibe in Verbindung gebracht werden. An den Stromuhren mit der letztgenannten Einrichtung habe ich bisher das Wärmeglas nicht in Anwendung gezogen.

Bevor ich die Leistungen der Stromuhr als Aichungsmittel einer genauern Besprechung unterziehe, will ich erst noch einige Vorsichtsmaassregeln erwähnen, durch welche der Eintritt von Störungen zu vermeiden ist.

6. Gerinnung des Blutes, Luftblasen, Oeltropfen. Zu den Umständen, welche den Versuch trüben können, gehören in erster Linie Gerinnungen des Blutes, die hier um so leichter eintreten, weil man in den Kugelraum keine Flüssigkeiten bringen darf, durch welche man sonst die Ausscheidung von Fibrin zu hemmen pflegt. Trotzdem dass ich meine Apparate immer sehr sorgfältig reinigte und hierdurch die Anwesenheit von Oxyden in den Metallstücken vermied, ist mir doch der Gerinnung wegen mancher Versuch missglückt. Unter diesen Missfällen befinden sich auch solche, bei welchen der Kugelinhalt so rasch wechselte, dass man hätte glauben sollen, es sei die Zeit zu kurz gewesen, um die Ausscheidung von Fibrin zu ermöglichen. Gewarnt durch diese Fälle habe ich es, wenn der Versuch nicht ganz besonders günstig verlief, immer vermieden, die Zahl der Beobachtungen,

die ich mit demselben Kugelpaar ausführte, all zu sehr zu häufen, und da ich mir immer mehrere Apparate vorbereitet hatte, so konnte ich unbeschadet einer weiteren Fortsetzung des Versuchs nach einer beschränkten Zahl von Kugeldrehungen die Arterie oberhalb und unterhalb der Uhr schliessen, dieselbe herausnehmen und durch eine andere ersetzen.

Niemals habe ich versäumt zu prüfen, ob innerhalb des abgenommenen Apparats ein Blutgerinnsel vorhanden war. Dieses geschah dadurch, dass ich das Blut aus dem Apparat unmittelbar nach seiner Entfernung aus der Arterie in ein flaches Schälchen auslaufen liess: wurde hierbei auch nur die Andeutung einer Gerinnung bemerkt, so verwarf ich den Versuch; noch zweckmässiger dürfte es sein, den Apparat auf ein frei ausgespanntes Tüllfilter auszugiessen, weil hierdurch die Anwesenheit eines Gerinnsels noch sicherer nachzuweisen wäre.

Luftblasen, welche sich zwischen den aufsteigenden Blutstrom einschieben und leicht an engeren Theilen der Röhre, hängen bleiben, müssen begreiflicherweise den Strom durch den Apparat merklich beeinträchtigen. Obwohl man in der Regel durch eine sorgfältige Füllung der Uhr die Luftblasen vermeidet, so bleibt doch zuweilen in den Metallröhren eine kleinere oder grössere Luftmenge zurück, welche in der Kugel emporsteigt, wenn der Versuch beginnt. Hat sich eine solche eingefunden, so wird sie in der Regel von dem Blute in das Oel geschleudert, und ist sie einmal in den Verbindungsbogen zwischen den beiden Kugeln gelangt, so dringt sie in das senkrechte Füllungsröhrchen, wo sie, weil sie ausserhalb des Stromes tritt, als unschädlich angesehen werden kann; störender kann eine Blase werden, wenn sie vermittelst des Stromes durch den Verbindungsbogen beider Kugeln aus der ersten in den obern Hals der zweiten Kugel übergeführt und dort durch den Strom selbst festgehalten, und an dem Aufsteigen in das senkrechte Röhrchen verhindert wird. Gelingt es nicht rasch, die Blase aus dem Strom herauszuschaffen, so muss die Beobachtung unterbrochen werden. — Das letztere muss auch dann geschehen, wenn es sich einmal ereignen sollte, dass die Umdrehung der Kugel nicht rechtzeitig vorgenommen wäre, so dass sich das Oel aus der den Capillaren zugewendeten Kugel in die Metallstücke begäbe: bei einem solchen Missfall kann der Verdacht nicht unterdrückt werden, dass ein Oeltröpfchen in die Blutgefässe des Thieres

gelangt sei und später zu einem Stromhinderniss innerhalb der engern Gefässbahnen Veranlassung gegeben habe.

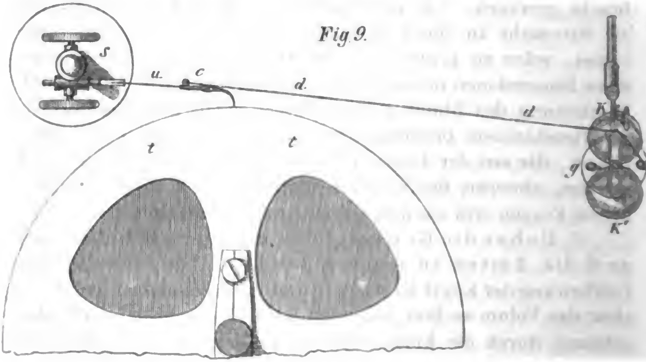
Ich gehe nun zu der Frage über, inwieweit die Angaben der Stromuhr Zutrauen verdienen und was dieselbe überhaupt zu leisten vermag. Wenn die Ablesungen, welche an derselben gemacht werden, nur dazu dienen sollen, um ein relatives Maass der Blutvolumina zu gewähren, welche in der Zeiteinheit durch den betreffenden Ort der untersuchten Arterie gegangen sind, so wird sich die methodische Prüfung darauf zu beschränken haben, inwieweit die Ablesungen der eingedrungenen Blutmengen und der hierzu verbrauchten Zeiten genau waren; sollen dagegen die Forderungen, die man an das neue Verfahren stellt, noch weiter erhöht werden, so müssen zu den eben verlangten noch andere Prüfungen hinzutreten. Offenbar wächst die Bedeutung der Versuche, wenn sich darthun liesse, dass durch die Einschaltung der Stromuhr vollkommen oder annähernd genau diejenige Menge von Blut gemessen werden könnte, welche normalerweise durch das Gefäss ginge, d. h. also diejenige, welche das Gefäss durchsetzt hätte, wäre die Stromuhr nicht eingebracht gewesen. Um zu beurtheilen, ob und inwieweit sich die Stromuhr zu einem Aichmaass des normalen Blutstroms eignet, wäre zu prüfen, welche Hemmung dieselbe vermöge ihrer Dimensionen in den Blutstrom einführt, wie hieraus die Vertheilung des Blutes in dem untersuchten und den übrigen Arterienstämmen beeinflusst wird, und ob in den Capillarbezirken, die aus der Arterie mit eingesetzter Stromuhr versorgt werden, abnorme Bedingungen eintreten. Auf diese verschiedenen Fragen will ich nun soweit es möglich eingehen.

7. Ueber die Genauigkeit, mit der die Volumina und die Zeiten zu messen sind. — Abgesehen von der Calibrirung der Kugel hängt der Grad der Genauigkeit, mit welcher das Volum an Blut gemessen wird, das während der Beobachtung durch die Kugel geht, wesentlich davon ab, dass die Drehung genau zu der Zeit erfolgt, in welcher das Blut die Marke erreicht, die am obern Ende der Kugeln angebracht ist. Dieses kann ohne Schwierigkeit ausgeführt werden, wenn der Strom mit einer geringen Geschwindigkeit verläuft und wenn namentlich die durch einen Herzschlag in die Kugeln geworfene Blutmenge eine mässige ist; wenn dagegen jeder Pulsschlag eine verhältnissmässig bedeutende Blutmenge in die Kugeln fördert, so dass,

wie es zuweilen vorkommt, in 5 bis 10 Herzschlägen der ganze Raum der Kugel erfüllt ist, so ist die gespannteste Aufmerksamkeit nothwendig, um es zu verhüten, dass nicht das Blut über die Marke empordringe, bevor die Drehung ausgeführt ist. Dem Ungeübten wird mancher Versuch misslingen, der von dem Geübteren noch tadelfrei ausgeführt werden wird. Selbstverständlich habe ich diejenigen Beobachtungen aus der Reihe der mitzählenden ausgeschlossen, wo die Drehung nicht auf die Zeit fiel, in welcher das Blut die Marke erreicht hatte.

Die Ablesung der Zeit habe ich in dem Beginn meiner Versuche mit einem Pendel ausgeführt, das Viertel einer Secunde schlug; später habe ich die Zeit auf der rotirenden Trommel notirt, und zwar so, dass ich eine Marke auf den Ueberzug der rotirenden Trommel einschrieb, wenn ein anderer sehr geübter Beobachter das vorher verabredete Zeichen gab, dass die Kugeldrehung ausgeführt werde. — Zu einem noch höhern Grad von Genauigkeit ist die Zeitbestimmung durch die in Fig. 9 abgebildete registrirende Einrichtung zu bringen. Diese

Fig. 9.



Registrirung der Kugeldrehung empfiehlt sich um so mehr, weil sie sich jeder Beobachter selbst herstellen kann. Der ganze Apparat ist aus der Aufsicht gezeichnet. *K K'* sind die Kugeln in der Stellung, die sie einnehmen wenn sie vom Blute durchsetzt sind. *g g'* sind die Zinken der drehenden Gabel, *t t* ist die rotirende Trommel, *c* ist eine Feder von Glas oder Gummi, die

auf einem Halter steckt, der an eine schwache Uhrfeder *u* angelöthet und von dem Stativ *S* getragen wird. Die Feder *c* und der Gabelzinken *g'* sind durch eine Darmsaite *d* verbunden, die beiderseits festgeknüpft ist. Uhr, Feder und Trommel werden beim Gebrauch so gegen einander gestellt, dass die Feder sanft gegen die Trommel gedrückt wird, wenn der Zinken *g'* die hier dargestellte Stellung einnimmt, d. h. wenn er auf der von der Trommel abgekehrten Seite steht; wenn dagegen in Folge der Kugeldrehung der Zinken *g'* auf die entgegengesetzte Seite zu liegen kommt, so erschlafft die Saite, und die Uhrfeder zieht das schreibende Röhrchen von der Trommelfläche ab. Leider stand mir dieses Verfahren erst ganz am Ende der Versuche zu Gebote.

Wollte man trotz der Einfachheit der Handgriffe die hier vorzunehmen sind doch noch daran zweifeln, dass durch dieselben mit Genauigkeit das Volum gemessen würde, welches in der Zeiteinheit die Kugeln durchsetzt, so könnte man an einem künstlichen Strom die durchgeflossene Menge von Wasser gleichzeitig auf zweierlei Arten messen: einmal durch die Drehung des eingeschalteten Apparates, und ausserdem durch die Menge, welche am Ende des Rohres ausgeflossen ist. Der Grad der Uebereinstimmung, welchen diese beiden Methoden für die Ermittelung der mittlern Stromgeschwindigkeit darbieten, würde geradezu das Maass für die Richtigkeit der Angaben geben, welche durch die gedrehten Kugeln geliefert wurde. Ich muss offen bekennen, dass ich diese Prüfungen unterlassen, weil ich sie für unnöthig hielt. — Aus den vorstehenden Angaben dürfte erhellen, dass mit sehr grosser Annäherung an die Wahrheit dasjenige Flüssigkeitsvolum bestimmt werden kann, welches in der Zeiteinheit durch die Kugeln wirklich hindurch geht. Anders verhält es sich mit der Frage: ob die durch ein Gefäss gehenden Blutmengen, während die Stromuhr eingeschaltet ist, denjenigen gleichkommen, die ohne Einschaltung derselben durchgegangen wären. Von der Sicherheit, mit welcher diese Frage zu beantworten ist, wird es abhängen, inwieweit die Stromuhr als ein Maass der wahren mittleren Stromgeschwindigkeit angesehen werden könne. Die nachfolgenden Betrachtungen und Erfahrungen werden, wie ich hoffe, darthun, dass bei den Widerständen und Geschwindigkeiten, gegen die und mit denen der arterielle Strom fliesst, die Angaben der Uhr

zu benutzen sind, um daraus mit grosser Annäherung an die Wahrheit die strömenden Volumina zu finden, welche unter sonst gleichen Bedingungen auch ohne ihre Anwesenheit durch das Gefäss geflossen wären.

8. Ueber die Widerstände, welche die Stromuhr in die Blutströmung einführt. — Um über dieselbe Aufschluss zu erhalten, habe ich sowohl an künstlichen Strömen, als auch am natürlichen des Bluts mehrfache Beobachtungsreihen angestellt. Ich schicke die ersteren voraus.

Der Widerstand, welchen die Uhr in den Strom hineinträgt, beziehungsweise der Ausfall an Geschwindigkeit, den sie erzeugt, lässt sich durch ein Manometer messen, das jenseits der Uhr in die Wand des Strombettes eingesetzt ist. Die Methode ist, wie bekannt, nur unter beschränkten Bedingungen anwendbar. — Allgemeiner führt das andere Verfahren zum Ziel, welches darin besteht, dass man den Druck ausmittelt, welchen man der Stromquelle zufügen muss, um den Ausfall auszugleichen, den die eingesetzte Uhr in der Stromgeschwindigkeit veranlasste.

Der gesammte Widerstand, den die Uhr einführt, ist mit verschiedenen Umständen veränderlich und setzt sich aus verschiedenen in der Einrichtung des Apparats gegebenen Bedingungen zusammen.

Im Wesentlichen, d. h. für die Praxis beachtenswerth, kommen als Widerstandselemente in Betracht das Volum von Flüssigkeit, welche in der Zeiteinheit durch den Binnenraum der Uhr fliesst, ferner die Dimensionen des Rohrs, in dem sie sitzt, zu ihren eignen, und endlich die physikalischen und chemischen Eigenschaften der strömenden Flüssigkeit.

Da die Kugeln des Instruments während der Strömung gedreht, somit die Continuität ihrer Lichtung unterbrochen wird, so sollte man erwarten, dass der Widerstand auch durch die Drehung beeinflusst würde. Unzweifelhaft ist dieses der Fall, aber man kann die Drehung so rasch vollenden, dass die Zeitdauer der Unterbrechung verschwindet gegen die des laufenden Stroms; geschieht dieses, so wird der Drehungswiderstand unmerklich werden. Dieses tritt schon ein, wenn eine möglichst rasch vollendete Drehung nicht öfter als in Zwischenräumen von 15 Sec. vorgenommen wird. Hiervon habe ich mich an künstlichen Strömen überzeugt. Aber auch am Blutstrom lässt sich ein sichtbarer Beweis für die ausgesprochene Behauptung

erbringen. Um ihn zu führen, setze man ein Hgmanometer jenseits der zweiten Kugel in den Strom der in und aus der Uhr von und zu der Arterie fliesst und lasse die Schwankungen des Manometers registriren. Wenn man nun, während der Versuch in der beschriebenen Weise im Gang ist, die Kugeln rasch dreht, so wird man an der Curve der Druckschwankungen kein Zeichen finden, durch welches die Drehung markirt wäre. Dreht man dagegen langsam, oder häuft man von Secunde zu Secunde die Drehung, so wird natürlich eine bedeutende Hemmung des Stroms eintreten. —

Durch die Uhr, welche in der Arterie sitzt, geht ein stossweise beschleunigter Strom; hierdurch entstehen in der Uhr sichtlich wirbelnde Bewegungen, also sollte man erwarten, dass auch die Art des Fliessens, ob gleichmässig oder ungleichmässig, eine besondere Widerstandsursache bildete. Diese Erwartung fand ich nicht bestätigt, als ich die Uhr in ein Rohr setzte, das an seiner Verbindungsstelle mit dem Druckbehälter einen rotirenden Hahn besass. Blieb die mittlere Geschwindigkeit des Stroms dieselbe, so wurde alles übrige gleich, auch der Geschwindigkeitsverlust unverändert gefunden.

Diese Beobachtungen vereinfachen die Aufgaben, welche uns bei der Prüfung der Widerstände entgegentreten, denn sie beschränken die Untersuchung auf die Fälle, bei welchen die Uhr ruhig innerhalb eines constanten Stroms steht.

Die Versuche, die ich mit künstlichen Strömen (Blut und Wasser) zum Behufe der Widerstandsmessungen unternahm, führte ich folgendermassen aus.

Zuerst wendete ich mich zu Strömen, in denen destillirtes Wasser floss. Um dieses möglichst frei von Staub und Härchen zu erhalten, wurden die Versuche in einem sonst wenig benutzten Zimmer vorgenommen und die Gefässe, welche das Wasser enthielten, sorgfältig zugedeckt. Trotz der äussersten Sorgfalt, welche ich auf die Reinerhaltung des Wassers verwendete, sind mir manche Versuche missglückt, da in den engen Röhren schon minimale Beimengungen von fadenförmigen Staubtheilchen hinreichen, um zwei Bestimmungen der Geschwindigkeit, die unter ganz denselben Umständen vorgenommen werden, um mehr als ein Procent, worauf es hier schon ankam, von einander abweichend zu machen.

Als Druckgefäss benutzte ich eine Zinktonne von $1{,}5$ Meter

Höhe und $0,_5$ Meter Durchmesser; einige Centimeter über dem Boden des Gefässes war ein Hahn mit breiter Oeffnung eingelöthet. Die Höhe des Wassers in der Tonne konnte an einem nach Millimeter getheilten, zwei Centimeter weiten Wasserstandsmesser abgelesen werden. Der Nullpunkt der Theilung dieses letztern lag in gleicher Höhe mit dem Boden der Hahn-Lichtung. Die Stromröhren, die ich verwendete, waren Messingröhren ohne Naht, die ich mir eigends über sehr sorgfältig gearbeitete Dorne hatte ziehen lassen; sie besassen die Durchmesser von 2 und 3 Mm. Um jede der genannten Röhren in veränderlicher Länge, beziehungsweise mit veränderlichem Widerstand anwenden zu können, liess ich mir Stücke derselben von 500, 400, 200 und 100 Mm. Länge anfertigen, diese Stücke waren gut über einander geschliffen, so dass ich, wenn ich sie über einander steckte, eine Röhrenlänge von 200 bis 4000 Mm. nach jeder beliebigen Zahl von Hunderten zusammensetzen konnte, ohne dass die Verbindungsstellen merkliche Hemmungen veranlassten.

Damit eine bestimmte Röhre bald ohne und bald mit eingesetzter Uhr vom Strom durchflossen werden konnte, brachte ich 200 Mm. oder auch weniger entfernt von dem Hahn eine Schiene an, welche aus zwei Theilen bestand, die in einer Nute gegen einander verschoben und in jeder beliebigen Lage durch eine Schraube festgestellt werden konnten. Auf jedem der Schienenstücke war eine Röhre befestigt. Man konnte nun entweder die Mündungen der beiden Röhrenstücke durch ein kurzes gerades, mit den Röhren gleichweites Verbindungsstück in einander übergehen lassen, oder man konnte, nachdem man die Röhren auseinander gezogen und das Zwischenstück entfernt, die Uhr einschalten. Da der Durchmesser, welcher den Metallröhren der Uhr zukommt, nicht durchweg demjenigen der messingnen Stromröhre gleich war, so musste jederseits noch ein kurzes Verbindungsstück zwischen die Stromröhre und die Zugänge zur Uhr eingefügt werden, welches die kleinere Lichtung der Stromröhre sehr glatt in die grössere der Uhr überführte.

In der Stromröhre sassen fünf Manometer, die aus zwei Centimeter weiten, nach Mm. getheilten Glasröhren bestanden. Das erste derselben *A* unmittelbar hinter dem Hahn, das zweite *B* in der Stromröhre unmittelbar vor der Einschaltungsstelle der Uhr, das dritte *C* in der Uhr vor dem Eingange in die erste Kugel, das vierte *D* am Ausgange der zweiten Kugel, das fünfte *E*

im Stromrohr, unmittelbar hinter seiner Einfügung an die Uhr.

Während der Beobachtung wurde der Druck im Fass durch sorgfältiges Nachgiessen von Wasser unverändert erhalten. —

Die Flüssigkeitsmasse, aus welcher die Geschwindigkeit bestimmt wurde, ward nie kürzer als während der Dauer von 300 Secunden aufgefangen. Unter diesen Bedingungen reichte die Messung der Geschwindigkeit mit Maasscylindern und der Secundenuhr für meinen Zweck gerade noch aus.

Wenn man mit dem Manometer den Widerstand, beziehungsweise die Aenderung der Geschwindigkeit messen will, welche durch die Uhr eingeführt ist, so muss man bekanntlich zweimal den Wasserstand in dem Manometer und einmal die mittlere Geschwindigkeit im Rohr ausgemittelt haben. Wäre p der Stand des Wassers im Manometer vor Einsetzung und p' derjenige während Einsetzung der Uhr, wobei das Manometer jedesmal an derselben Stelle und zwar unmittelbar hinter dem Einsatzort der Uhr steht, und wäre ferner die bekannte Geschwindigkeit c diejenige, welche am Rohr vorhanden war ehe die Uhr eingeschaltet wurde, so würde die Geschwindigkeit c', während die Uhr eingeschaltet ist, der Stromregel *Poiseuille's* entsprechend, durch die Gleichung $\frac{p}{p'} = \frac{c}{c'}$ gefunden werden. Die Voraussetzung, auf welche sich diese Ableitung von c' gründet, ist bekanntlich nur unter sehr eingeschränkten Bedingungen des Versuchs erfüllt. In meinen engen, glatten, gleichweiten Röhren waren diese allerdings nahezu hergestellt. Ganz anders am Blutstrom. Hier sind sie es in keiner Weise, schon darum nicht, weil hier eine so wenig homogene Masse wie Blut und dazu in Röhren strömt, deren Weite mit dem Druck veränderlich ist; wäre aber jene wichtige Regel auch nur annäherungsweise zur Ermittlung von proportionalen Stromänderungen brauchbar, so würde sie uns doch für den Blutstrom nichts helfen, weil wir nicht mit voller Sicherheit angeben können, wie weit sich der Druck, den der Blutstrom jenseits der eingesetzten Uhr zeigt, von dem unterscheidet, der an diesem Ort bei Abwesenheit der Uhr vorhanden gewesen sein würde.

Darum sind jedoch die Aufklärungen, welche das Manometer gewähren kann, nicht werthlos, namentlich wenn wir gleichzeitig das Verhalten des Wasserstands in mehren hinter

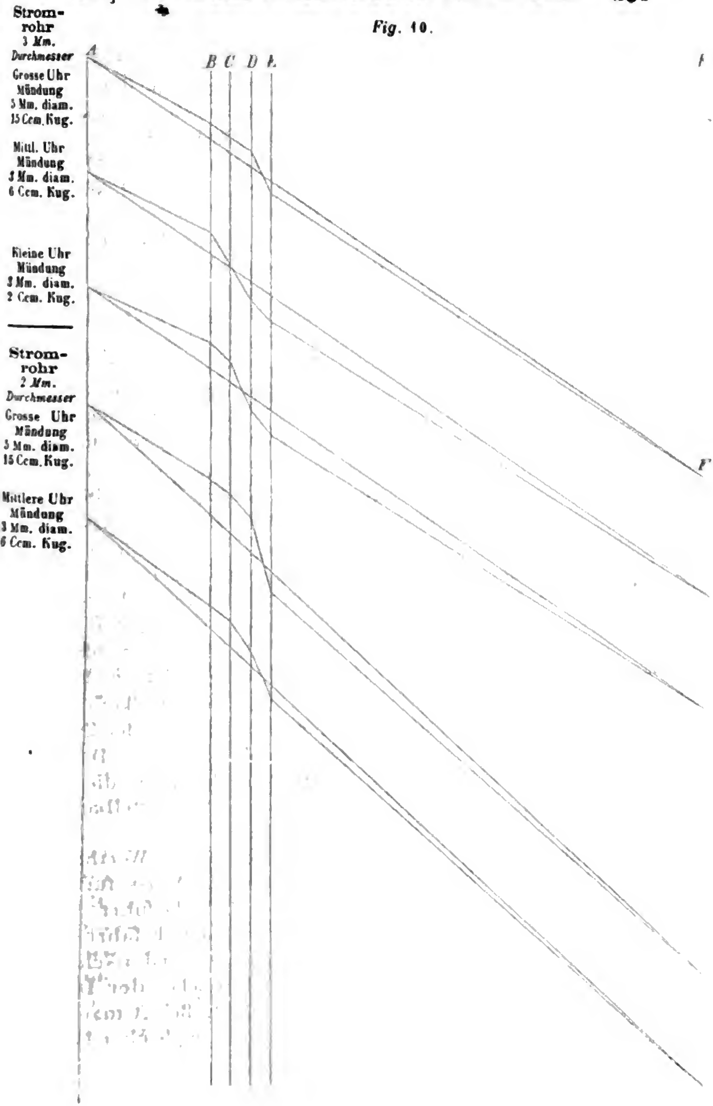
und vor der Uhr angesetzten Manometern beobachten, und ihre Angaben mit den Aenderungen vergleichen, welche die Geschwindigkeit erleidet. Hierdurch erfuhr ich folgende, für meinen Zweck wichtige Thatsachen.

Der gesammte Widerstand, welcher von der Uhr ausgeht, lässt sich in drei an verschiedenen Orten veranlasste zerlegen; einer derselben ist bedingt durch den Uebergang des Stroms aus der geraden Röhre in die Uhr (Eingangswiderstand), ein zweiter durch den Verlauf des Stroms in der Uhr (Kugelwiderstand), ein dritter endlich am Uebergang des Stroms aus der Uhr in die gerade Röhre (Ausgangswiderstand). Wenn es, wie man allgemein annimmt, richtig ist, dass die Grösse des Widerstandes geschätzt werden kann durch den Unterschied der Drücke die in zwei Manometern abgelesen sind, von denen das eine unmittelbar vor, das andre unmittelbar hinter dem eingeschalteten Widerstand steht, so geben die Manometerstände uns ein Bild von den Verhältnissen, in denen sich die obengenannten drei Widerstände zu einander befinden.

Die Holzschnitte auf der folgenden Seite geben das Verhalten der Manometerstände schematisch wieder. Zum Verständniss der Linien ist zu erwähnen, dass ich bei Versuchen an künstlichen Strömen mich darauf beschränkt habe die Uhren mit der Eingangsmündung von 5 und 3 Mm. diam. in die Röhren von 2 und 3 Mm. einzuschalten, so dass durch die Einsetzung des Apparats das Strombett immer erweitert wurde. Diese Beschränkung liess ich eintreten, weil ich auch für die Prüfung des Stroms in der lebenden Arterie immer eine Uhr wählte, deren Eingangsmündung einen grösseren Durchmesser als die Arterie besass. Die Dimensionen der aneinandergefügten Stücke sind in dem Holzschnitt an die einzelnen Linien, auf welche sie sich beziehen, angeschrieben. Die geraden Linien geben den Abfall bei abwesender, die zwischen *A* bis *E* gebrochenen bei anwesender Uhr.

Betrachtet man nun die Figuren, so sieht man sogleich, dass bei den Combinationen Uhr 5 Mm. diam. und Röhre 2 Mm. diam. sowohl wie 3 Mm. diam. die grösste Steilheit des Abfalls sich zwischen *D* und *E* befindet, und zwar so überwiegend, dass dagegen die Knicke zwischen den übrigen Manometern verschwinden, also wird da wo der weitere Strom in den engern übergeht, der grösste Widerstand sein. — Aehnliches bieten die Combinationen 3 Mm. diam. Uhr und 2 Mm. diam. Röhre, doch ist hier schon

Fig. 10.


Strom-rohr
3 Mm. Durchmesser
Grosse Uhr
Mündung
3 Mm. diam.
15 Ccm. Kug.
Mittl. Uhr
Mündung
3 Mm. diam.
6 Ccm. Kug.
Kleine Uhr
Mündung
3 Mm. diam.
2 Ccm. Kug.
Strom-rohr
2 Mm. Durchmesser
Grosse Uhr
Mündung
3 Mm. diam.
15 Ccm. Kug.
Mittlere Uhr
Mündung
3 Mm. diam.
6 Ccm. Kug.
A
B
C
D
E
F
F

ein Eingangswiderstand bemerklich und noch mehr ist dieses mit dem Kugelwiderstand der Fall. Bei der Combination 3 Mm. diam. der Uhr tritt dagegen der Kugelwiderstand in den Vordergrund. — Zugleich zeigt sich, dass die Dimensionen der Kugeln bei gleicher Eingangsmündung von geringer Bedeutung sind, da bei 3 Mm. Eingang der Uhr und des Rohrs die Art des Abfalls zwischen *B* und *E* sich ähnlich verhält, gleichgiltig ob in der Uhr Kugeln von je 6 oder von je 2 Ccm. Inhalt eingesetzt waren.

Diese Thatsachen fordern also, dass man die Durchmesser der Uhreneingänge möglichst denen der Arterie anpasse, wie dieses denn auch in meinen Versuchen geschehen.

Als eine zweite Erfahrung, die für die Versuche am lebenden Thiere von Bedeutung ist, möchte ich folgende hervorheben. In der Richtung des Stroms gerechnet tritt vor der Uhr eine Stauung des Drucks ein, d. h. es erhebt sich derselbe über den Werth, den er dort besass, bevor die Uhr eingeschaltet war. Der Unterschied zwischen den Drücken vor und während der Einschaltung nimmt nun rasch ab, wenn man sich von der Uhr an nach aufwärts bewegt. Dieses Verhalten scheint mir darum wichtig, weil der Stauungsdruck in einem verzweigten Röhrensystem eine besondere Bedeutung gewinnt. Ginge unmittelbar vor der Uhr ein Zweig ab, so würde bei Anwesenheit der Uhr am Eingang desselben ein höherer Druck bestehen als vorher, und darum würde entsprechend mehr Flüssigkeit durch den Zweig abfliessen. Darum würde der Stauungsdruck der Beschleunigung des Stroms durch die Uhr nicht mehr zu Gute kommen. Dieses würde, wenn auch nicht vollkommen, so doch wenigstens theilweise der Fall sein, wenn der Zweig erst entfernter von der Uhr das Stammrohr verliesse. Daraus geht die Regel hervor, dass man am lebenden Thier die Uhr womöglich immer so einsetzen soll, dass nicht unmittelbar vor ihr ein Zweig den benutzten Stamm verlässt.

Endlich verdient es der Hervorhebung, dass die Werthe des Druckunterschiedes von *B* und *C* durchaus kein Maass für den Geschwindigkeitsverlust sind, welchen die Uhr herbeiführt. Alles übrige gleich gesetzt, ändert sich nach meinen Erfahrungen der Unterschied der Drücke vor der Einfluss- und nach der Ausflussmündung mit der Steilheit, nach welcher der Druck von der Stromquelle bis zum Röhrenende abfällt. Bringt man also gleiche Geschwindigkeiten in zwei Röhren von ungleicher Länge

und gleichem Durchmesser durch Aenderung des Drucks im Wasserbehälter hervor, so sieht man den Unterschied *B*-*E* abnehmen, wenn hiebei die Steilheit des Druckabfalls auf der ganzen Röhrenlänge geringer wurde. Ist dieses letztere nun an einem kürzeren Rohre eingetreten, so wird man aus bekannten und sogleich weiter zu besprechenden Gründen dann den Geschwindigkeitsverlust, welchen die Einschaltung der Uhr veranlasste, grösser werden sehn bei dem geringeren Werthe von *B*-*E* in einem längern Rohr.

Genauere und in weiterem Umfang anwendbare Aufschlüsse über den Widerstand der Stromuhr giebt die andere der oben genannten Methoden. — Diese geht von der bekannten Stromgleichung aus, dass die Geschwindigkeit $c = \frac{h}{w}$ sei, wobei h den Druck der Stromquelle*) und w den von der Geschwindigkeit abhängenden Widerstand in den Röhren bedeutet. Nehmen wir an, es sei zu dem Widerstand w der Röhren noch derjenige der Uhr gefügt, und es sei dann die verminderte Geschwindigkeit c durch Erhöhung von h wieder auf den alten Werth gebracht, so hätte man, wenn h' den neuen Druck bedeutet, die beiden Gleichungen $c = \frac{h}{w}$ und $c = \frac{h'}{w+u}$. Hieraus lässt sich w und u finden, da c, h, h' bekannt sind.

Für zwei der von mir gebrauchten Uhren habe ich die Auswerthung von u ausgeführt. Das Stromrohr hatte im erstern Fall einen Durchmesser von 2 Mm., die Zuflussmündungen der Uhr betrugen 3 Mm., der Inhalt jeder Kugel 6 Ccm. — Die folgende Zusammenstellung giebt die Daten der Beobachtung und die Ergebnisse der Rechnung.

Durch die Uhr flossen in der Secunde	Geschwindigkeit im Stromrohr Mm. in 1 Secunde	h' in Mm. HO.	h in Mm. Ho.	$h'-h$ Mm.	u	w
1.22	388	1375	1360	15	0.039	3.505
1.39	442	1350	1322	18	0.041	2.991
1.51	481	1375	1350	25	0.052	2.806
2.36	751	1400	1360	40	0.053	1.811
3.45	1098	1378	1325	53	0.048	1.207
4.27	1360	1380	1310	70	0.051	0.963

*) beziehungsweise den Druck im Manometer vor der Einflussmündung in die Uhr.

Man bemerkt, dass der Werth von *u* zwar ein geringerer, aber keineswegs ein verschwindender ist, und ferner, dass er mit der Grösse der Durchflussmenge in der Zeiteinheit anwächst. Dass die Zahlen keinen schärfern Ausdruck für die Gesetzmässigkeit geben, dürfte weniger an dem Mangel von Sorgfalt bei der Ausführung der Versuche, als vielmehr darin liegen, dass für diese feinern Aufgaben meine Beobachtungsmittel ihre Grenze fanden. Um zu erfahren, in wie weit die aufgefundenen Werthe von *u* auf die Berechnung des Geschwindigkeitsverlustes anwendbar sind, den ein Röhrenstrom durch den Einsatz der Uhr erleidet, habe ich noch die folgenden Versuche angestellt. Für die Berechnung wählte ich mir natürlich Geschwindigkeiten aus, die je durch die Uhr Flüssigkeitsmengen schickten, für welche ihr Widerstand bestimmt war. Den Widerstand der Röhre und demgemäss den Druck der Stromquelle liess ich in weiten Grenzen schwanken.

Druck in der Zinktonne Mm. HO.	Ausflussmenge in 1 Secunde beobachtet Ohne Uhr. Cbm.	Mit Uhr.	Ausflussmenge, berechnet für den Strom mit Uhr
175	1.59	1.36	1.38
330	1.61	1.48	1.49
830	1.57	1.53	1.52
1250	1.41	1.39	1.39
1360	2.36	2.30	2.29

Diese Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung (3. und 4. Zahlenreihe) ist wie mir scheint gross genug, um zu beweisen, dass der Widerstand der Uhr unabhängig von den absoluten Werthen des Stromdruckes und dem Widerstande des Stroms ausserhalb der Uhr ist.

Eine zweite Reihe von Bestimmungen für den Werth von *u* habe ich mit einem Rohre von 3 Mm. diam. und der Uhr mit 5 Mm. Zuflussmündung ausgeführt. Mir scheint es nach der ausführlichen Mittheiluug der ersten Reihe genügend, wenn ich erwähne, dass in den Grenzen der Durchflussmenge für die Secunde von 2.82 Ccm. bis 4.56 Ccm., bez für die Secunden Geschwindigkeiten im Stromrohr von 400 bis 650 Mm. die Werthe des *u* von 0.030 bis 0.054 anwuchsen, so dass die Widerstände dieser Combination nicht grösser als die der vorigen sind.

Die vorstehenden Versuche waren, wie man sich erinnern wird, in der Absicht angestellt, um ein Urtheil darüber zu gewinnen, in wie weit die in einem Strom vorhandene Geschwindigkeit durch die Einschaltung der Uhr vermindert würde. Sie liefern wie mir scheint den Beweis, dass der Widerstand der passend eingesetzten Uhr sehr klein sei gegen denjenigen, welchen normalerweise das arterielle Blut auf seinem Weg von den grossen Aortenzweigen zu den Venen zu überwinden hat. Diese letztere Behauptung stützt sich auf die folgende Betrachtung. In den später zu erwähnenden Versuchen mit Hunden findet sich unter den Zahlen für die Geschwindigkeit, bei welchen zugleich der Blutdruck bestimmt ist, als maximaler Werth 500 Mm. in der Secunde mit einem Druck von 114.4 Mm. Hg. = 1500 Mm. Wasser. Dieser ist zur Ueberwindung der natürlichen Widerstände verbraucht, da das Blut der vena jugularis mit geringer Geschwindigkeit und ohne nennenswerthen Druck an der Brusthöhle anlangt. Dabei gingen durch die Uhr in der Secunde 3.59 Blut. Wir fanden nun bei jener Durchflussmenge den Widerstand der Uhr = 0.05; setzen wir diese Werthe in die obige Gleichung, so ist $500 = \frac{w + 0.05}{1500}$ also $w = 2.999$.

Nähme man an, dass der Widerstand in dem Stromrohr vor Einsetzung der Uhr ebenso gross gewesen wäre, obwohl er in der That etwas grösser gewesen sein muss, so würde sich der Widerstand des Stromrohrs zu dem der Uhr wie 1 : 0.017 verhalten und sich hieraus ein durch die Uhr veranlasster Geschwindigkeitsverlust von höchstens 2 Procent berechnen, mit andern Worten ein Werth, der schwerlich weit ausserhalb der Fehlergrenze bei schon genau ausgeführten hydraulischen Versuchen fallen dürfte.

Dieses war nun aber für den Strom in den Arterien der ungünstigste Fall, also wäre eine Unterschätzung von 2 Procent als das Maximum des Fehlers anzusehn. Freilich nur wenn Wasser in unverzweigten, steifen Röhren strömt; wenn diese Bedingungen nicht erfüllt sind, so muss sich der Fehler anders gestalten. Wenn Blut strömt, so wird voraussichtlich die Reibung innerhalb der Uhr wachsen, und damit wird das Verhältniss ihres Widerstands zu demjenigen der Röhren über den Werth hinausgehen, welcher in der eben angestellten Rechnung angenommen wurde.

Um hierüber Auskunft zu erhalten schritt ich nun natürlich zu ähnlichen Versuchen, bei denen Blut durch die Röhren strömte. Die Anordnung des Versuchs war ganz dieselbe, wie bei denjenigen mit Wasser; das Blut war beim Schlachten eines Ochsen aufgefangen, defibrinirt, durch dichtes Leinen sorgfältig von seinen Faserstoffflocken befreit. Eine Stunde nachdem das Blut die Gefässe des Thieres verlassen, stand dasselbe schon in einem hohen, weiten Glascylinder zum Versuche bereit. Zu meinem Leidwesen musste ich jedoch alsbald erfahren, dass das, was mit Wasser ausführbar gewesen, mit dem Blute nicht mehr gelang. Bevor noch die am Ende der Rohre aufgefangenen Blutmengen den strengen Beweis dafür lieferten, zeigten schon die Schwankungen der Blutstände in den Manometern, dass das Blut nicht mit constanter Geschwindigkeit durch ein glattes, geradliniges Messingrohr fliesst, selbst wenn der Druck in der Stromquelle mit äusserster Sorgfalt auf gleicher Höhe erhalten wurde. Dabei war es gleichgültig, ob ich ein Rohr von 2 oder 3 Mm. diam. anwendete, immer schwankten die Manometer und nicht minder die jedesmal in 300 Secunden ausgeflossenen Volumina. Als ich dann eine grössere Reihe von Bestimmungen ohne Uhr, und eine gleiche mit Einschaltung der letztern ausführte, überzeugte ich mich dass in beiden Fällen die einzelnen Ausflussmengen Unterschiede zeigten, welche grösser waren, als die Unterschiede der Mittelwerthe beider Reihen. Somit musste ich von einer Bestimmung des Uhrenwiderstandes unter Anwendung von Blut abstehn. Die Unterschiede der Blutstände in den Manometern *B* und *C* waren allerdings grösser als bei Wasser, aber dafür fiel auch wegen der grössern Reibung des Bluts der Druck von der Stromquelle bis zum Röhrenende steiler ab, so dass demnach auch hierdurch nicht einmal Annäherungen an das Verhältniss von dem Blut- zu dem Wasserwiderstand in der Uhr zu finden waren. In wie weit also durch den grössern Widerstand des Blutes in der Uhr das Resultat der soeben ausgeführten Berechnung über das Verhältniss der Widerstände in ihr und im Carotidenlauf alterirt wird, weiss ich nicht zu sagen.

Zu dieser Unzulänglichkeit kommen aber noch andere. Zunächst diejenige, dass die Uhr am lebenden Thier nicht in ein System eingeschaltet ist, welches von der Quelle bis zum Ende des Stroms unverzweigt fliesst, sondern dass sie in einem Ast des Aortenbaums sitzt.

Die Vertheilung des Blutes aus der Aorta in ihre Aeste geschieht, bekannten Grundsätzen gemäss, nach dem Verhältniss der Widerstände in jenen Aesten, so dass mit dem Steigen des Widerstandes in einem Zweig der Abfluss durch ihn ab- und dafür in andern Zweigen zunimmt, vorausgesetzt, dass in ihnen die Widerstandsursachen nicht verändert wurden. Nun zeigte uns die manometrische Beobachtung, dass der Strom vor der Uhr die in ihn gesetzt wurde gestaut wird; wäre also vor der Uhr ein Zweig abgegangen, so würde in diesen die Flüssigkeit unter höherem Druck als vorher eingeflossen sein, und damit wäre der Druck vor der Uhr gesunken und der Stauungsdruck, der im unverzweigten Rohr noch das Fliessen durch die Uhr beförderte, käme nun der letztern nicht mehr zu Statten. — Die Grösse der Stauung ist selbstverständlich von dem eingeführten Widerstand, beziehungsweise der Geschwindigkeit abhängig und die Beschleunigung des Stroms in dem Nebenzweige wird abhängen von dem Verhältniss der Widerstände in ihnen zu dem Druckzuwachs vor ihren Mündungen. Bei so complicirten Abhängigkeiten scheint es mir unthunlich, den hievon bedingten Fehler der Uhr durch Versuche an Strömen aufklären zu wollen, die sich unter ganz andern Bedingungen befinden, als der Strom in der Aorta und ihren Zweigen. Noch weniger dürfte es am Platze sein, den hieraus entstehenden Fehler durch die Ueberschlagsbetrachtung bemänteln zu wollen, dass ja die Widerstände in den Collateralzweigen auch sehr gross seien, so dass der Stauungsdruck dagegen verschwinde.

Ich komme nun noch zu einer andern Schwierigkeit. Die Versuche mit starren Stromröhren lehrten, dass an dem zunächst hinter der Uhr gelegenen Stromort der Druck niedriger geworden war, als er es gewesen, bevor die Uhr eingeschaltet wurde. Hierdurch trat am starren Rohr mit dieser Minderung des Drucks eine entsprechende in der Geschwindigkeit ein. Die Geschwindigkeitsminderung wird am elastischen Rohr nicht nur nicht ausbleiben, sondern es wird sich noch eine andere Folge hinzugesellen. Der Durchmesser des elastischen Rohrs ist durch den Druck seines Inhalts bestimmt, und darum muss auch hinter der Uhr der Querschnitt des Gefässes kleiner werden, als er es unter sonst gleichen Umständen ohne die eingesetzte Uhr sein würde. Allerdings handelt es sich, wie wir sehn werden,

nur um kleine Druckänderungen; aber sie bestehen. Nimmt man an, dass innerhalb dieser engen Grenzen die Ausdehnung der Wand proportional dem Druck wachse, so würde also die Aenderung des Querschnitts proportional dem Quadrate des Druckes gehen. Nun ist die Ausflussmenge, welche in der Uhr gemessen wird, das Product aus der mittleren Geschwindigkeit in den Querschnitt, also würde, wenn der Druck an der bezeichneten Stelle vor dem Einsatz der Uhr p und der während ihres Einsatzes p' genannt wird, das Verhältniss der Durchflussmengen annähernd durch $\frac{p'^3}{p^3}$ ausgedrückt werden. Um durch ein Beispiel zu zeigen, in wie weit sich die Geschwindigkeitsverluste bei gleicher Druckänderung ganz anders gestalten am elastischen als am steifen Rohr, wollen wir $p = 100$ und p' der Reihe nach gleich 99, 98, 97, 96 setzen. Dann würde am steifen Rohr die Geschwindigkeit sich zu 100 wie jene Zahlen, am elastischen Rohr aber wie 100 : 97 : 94 : 91 : 88 verhalten, d. h. der procentische Verlust an Geschwindigkeit würde bei gleicher Druckänderung für den Strom im elastischen Rohr dreimal so gross sein als am steifen. Hiebei ist jedoch in Betracht zu ziehen, dass mit der steigenden Elastizität, also mit der Annäherung des elastischen Rohrs an das steife die absolute Aenderung des Durchmessers eine sehr geringe werden wird.

Bei dieser Häufung von Verwicklungen muss man, wie es scheint, auf weitere theoretische Betrachtungen verzichten. Statt dessen dürfte es gerathener sein nach einem Mittel zu suchen, das auch dann noch zur Schätzung der durch die Uhr veranlassten Geschwindigkeitsänderung verhilft, wenn sie in der lebenden Arterie sitzt. Bevor ich mich hiezu anschicke sei mir jedoch die Bemerkung gestattet, dass der Fehler, den hier das neue Verfahren begeht, keineswegs sein spezifisches Eigenthum ist, sondern dass derselbe mindestens in gleichem Grade allen übrigen bisher gebrauchten Methoden der Geschwindigkeitsmessung anhaftet.

Um am lebenden Thiere zu prüfen, in wie weit die Geschwindigkeit des ursprünglichen Stromes durch die eingeschaltete Uhr beeinträchtigt wird, giebt es, soweit meine Einsicht reicht, nur ein Mittel, das Manometer. Obwohl nicht daran zu denken ist, dass im arteriellen Strom die Beziehung zwischen dem Gefälle und der Geschwindigkeit besteht, welche das Gesetz

Poiseuille's verlangt, so ist doch auch nicht zu verkennen, dass eine Beziehung zwischen beiden Werthen bestehn müsse. — So wird man namentlich als sicher annehmen dürfen, dass auch die Geschwindigkeit in einem bestimmten Ausschnitt immer dieselbe sei, wenn bei sonst unveränderten Widerstandsursachen der Druck an dieser Stelle zu verschiedenen Zeiten gleich gefunden wird, und im Anschluss hieran wird man mit Recht behaupten können, dass wenn, alles übrige gleichgesetzt, der Druck in einem bestimmten Arterienort zu verschiedenen Zeiten nur wenig von einander verschieden sei, dieses auch mit den dort vorhandenen Geschwindigkeiten der Fall gewesen. Auf diese einfachen Grundlagen baute ich, als ich zu dem gleichzeitigen Gebrauch der Uhr und des Manometers am lebenden Thiere schritt.

Die Anwendung die man von den Manometern an dem lebenden Thiere machen kann ist offenbar eine viel beschränktere, als die welche ein steifes Stromrohr erlaubt. So leuchtet zunächst gleich ein, dass die Anwendung von Manometern diesseits und jenseits der Canülen, welche in die Uhr einmünden, unthunlich ist, denn wenn man dieses ausführen wollte, so würde man zu den Ein- und Ausgangswiderständen der Uhr auch noch diejenigen der Einsetzstücke für die Manometer fügen, und somit etwas Neues in den Versuch hineinbringen. — Daraus folgt, dass man sich auf die Anwendung von nur zweien der genannten Apparate beschränken muss, die beide mit den metallwandigen Zuflussröhren der Kugeln in Verbindung stehen. Das erste dieser Manometer wird dann wie früher vor dem Eingang in die erste, der zweite hinter dem Ausgang aus der zweiten Kugel anzubringen sein. Hierdurch verzichtet man also von vorneherein auf die Aenderungen des Drucks, welche durch den Ein- und Ausgangswiderstand hervorgerufen werden. Da dieser, wie wir früher sahen, zwar nicht verschwindet, aber doch sehr gering war, wenn die Durchmesser der Uhreneingänge und der Arterien nicht wesentlich von einander abweichen, so ist jetzt aus Gründen der Methode von Neuem darauf zu dringen, dass man sich Stromuhren von mehreren Calibern halte, so dass man diese der Normalweite der Arterie möglichst anpassend auswählen kann. Schon jetzt bin ich überzeugt, dass es zur Vervollkommnung der Versuche am Hunde zweck-

mässiger gewesen sein würde, statt zweier Uhrensorten deren mindestens vier zu besitzen.

Ein anderer Umstand, durch den sich die Messung des Drucks an der Arterie unvortheilhaft vor der an dem steifen Stromrohr hervorhebt, liegt in den raschen und periodischen Aenderungen des Blutdrucks. Ihretwegen muss man ihn registriren lassen, worauf man ihn dann nur planimetrisch bestimmen kann. Die sorgfältigste Arbeit vorausgesetzt werden Fehler von 1 bis 2 Millimeter nicht vermieden werden können; bei der Vergleichung von zwei Druckcurven, was im gegenwärtigen Fall nöthig wurde, werden also Fehler von 2 bis 4 Mm. Quecksilberdruck leicht vorkommen können, mit andern Worten die Fehlergrenze steigt unter Umständen weit über den Werth der Druckunterschiede selbst hinaus, die man zu beobachten beabsichtigt.

Endlich aber kommt die grösste Schwierigkeit. Am constanten Strom konnte man die Uhr beliebig aus- und einschalten und somit den Druck an irgend welcher Stelle vor oder hinter der Uhr für beide Fälle vergleichen. Zu diesem einfachen und sichern Verfahren können wir beim Blutstrom nicht greifen, da wir in keinem Falle wissen, ob die zu den verschiedenen Zeiten vorhandenen Bedingungen des Stroms auch noch unter einander vergleichbar sind. Offenbar dürfen darum nur die Drücke verglichen werden, welche gleichzeitig gemessen worden waren.

Gleichzeitige Messungen liessen sich aber auf zwei verschiedene Weisen gewinnen, entweder durch Einsetzung der Manometer an der Uhr, wie vorhin beschrieben, oder durch gleichzeitige Einsetzung zweier Manometer in die beiden Carotiden.

Auf diesen letztern Versuch setzte ich anfangs grosse Hoffnung. Wenn, so dachte ich, der Strom in beiden Carotiden zu derselben Zeit gleichmässig läuft, so wird man für das Manometer hinter und vor den Kugeln immer einen Vergleichungspunkt durch Messung des gleichzeitigen Drucks auf der andern Seite erlangen können. Zuerst griff ich zur Anwendung des *Bernard*'schen Differentialmanometers. Mit diesem Instrument führte ich drei Versuche aus, die mich jedoch belehrten, dass die Messung mit demselben mindestens nicht zu genauern Resultaten führt als sie durch die Anwendung von zwei registriren-

den Manometern erlangt werden können; ich habe desshalb auch noch zwei Versuche mit diesen zu den ersteren hinzugefügt.

Aus allen diesen Versuchen sah ich, dass die Drücke, die in entsprechenden Stellen der beiden Carotiden vorhanden sind, gleiche Weite der Einsatzstücke beiderseits vorausgesetzt, ebensowohl dieselben als auch verschiedene sein können. Damit war also die allgemeine Anwendbarkeit der gleichzeitigen Messungen beider Carotiden als beseitigt anzusehen. Immerhin leistete mir dieselbe einen Dienst, der bei fortgesetzter und noch weiter modifizirter Anwendung vielleicht ein noch grösserer hätte werden können. In einem der beobachteten Fälle zeigte sich nämlich deutlich, dass vor der ersten Kugel eine Stauung des Drucks bestand, ähnlich wie sie bei den Strömen in steifen unverzweigten Röhren eingetreten war.

Die genauere Anordnung des Versuchs war folgende. Der Durchmesser der Carotis des verwendeten Hundes betrug jederzeit 2 Mm. Links war ein T-rohr von 3 Mm. diam. eingesetzt, rechts die Uhr mit 3 Mm. Einflussmündung, die ausser den Kugeln auch noch das kurze Verbindungsstück *r r* Fig. 4 trug. Vor Beginn der Messung waren beiderseits die Stämme des Vago-sympathicus am Halse durchschnitten und in die Trachea eine Athmungscanüle eingeführt. — Als mit der Aufzeichnung der Drücke begonnen wurde, liess ich den Strom zuerst rechts statt durch die Kugeln durch das kurze Rohr laufen. Die Vergleichung der zu dieser Zeit aufgeschriebenen Drücke ergab als Resultat einen Unterschied von Null. Als nun der Strom rechts durch die Kugeln gelassen wurde, wobei sich in drei auf einander folgenden Messungen der Geschwindigkeit diese letztere zu 439, 493, 449 (Secunde und Mm.) ergab, erhob sich rechts der Druck von 1,8 Mm. über den links vorhandenen. Die Plötzlichkeit der Aenderung und ihre Constanz in gleichem Sinne giebt mir die Hoffnung, dass die Deutung, welche ich der Erscheinung so eben gegeben, keine irrige ist. Zudem ist ja auch anderweit schon bekannt, dass eine Verschliessung der Carotis, die zwischen einem eingesetzten Manometer und dem Kopfe geschieht, den Druck plötzlich bis zu 20 Mm. emportreiben kann*), sonach ist es auch wahrschein-

*) *C. Ludwig*, Physiologie des Menschen, 2. Aufl. 2. Bd. S. 167.

lich, dass eine in die Carotis eingeführte Hemmung vor sich eine Stauung veranlasst. — Diese Thatsache würde insofern beachtenswerth sein als sie bewiese, dass der Stauungsdruck, der, wie wir sahen, im unverzweigten Rohre das Fliessen durch die Uhr beförderte, auch im thierischen Kreislauf diesen Nutzen leistete.

Wenn nun der ganze Druckunterschied, der diess- und jenseits der Uhr besteht, nicht zu finden, wenn derjenige, welcher hinter den Kugeln ist, nicht mit dem Normaldruck verglichen werden kann, der ohne Einsetzung der Uhr vorhanden gewesen, und wenn endlich wegen der Unsicherheit der Ausmessung das was aufgeschrieben wurde nicht mit voller Sicherheit dargestellt werden kann, wozu, wird man fragen, soll dann die Vergleichung der Drücke dienen die an der vordern und hintern Grenze der Kugeln gemessen werden? Sie sind allerdings nicht dazu zu verwenden um aus ihnen den Verlust an Geschwindigkeit in Procenten der ursprünglichen anzugeben, der vor der Einsetzung der Uhr vorhanden war, aber trotzdem sind sie nicht ohne allen Werth für die kritische Beleuchtung des neuen Verfahrens. Aus diesem Grunde setze ich die Resultate zweier Versuche hierher.

Reihenfolge der Kugeln	Mitteldruck in Mm. Hg. vor der ersten Kugel	Mitteldruck in Mm. Hg. nach der zweiten Kugel	Unterschied beider	Volum des Bluts in 1 Sec. drgeg.	Mittlere Geschwindigkeit in d. Sec. u. in Mm.	Bemerkungen
				c. c.	Mm.	
1	98,0	94,0	4,0	0,912	186	Hund von 2,59 Kilo
2	99,2	94,4	4,8	0,955	195	Körpergewicht.
3	103,4	98,4	5,0	0,747	152	Durchmesser der Ca-
4	—	—	—	0,875	178	rotis im Lichten
5	109,6	105,4	4,2	0,730	149	2,5 Mm.
6	103,8	99,8	4,0	0,760	155	Das Thier mit Mor-
7	105,0	100,4	4,6	0,697	142	phium vergiftet.
8	103,0	100,8	2,2	0,725	148	
9	103,6	99,8	3,8	0,628	128	
10	102,2	99,0	3,2	0,518	104	
11	106,8	102,6	4,2	0,505	103	
1	133,2	130,8	2,4	1,402	146	Hund von 11,67 Kilo
2	132,0	129,2	2,8	1,777	185	Körpergewicht.
3	139,0	135,6	3,4	2,055	214	Durchmesser der A.
4	140,8	137,6	3,2	2,206	129	carotis 3,5 Mm. (im
5	143,2	140,2	3,0	1,808	188	Lichten).

Diese Beobachtungen lassen wenn auch nichts Anderes, so doch jedenfalls das erkennen, dass jenseits der zweiten Kugel der Druck nur um wenige Millimeter von dem verschieden war, der vor der ersten vorhanden, ein Unterschied, der namentlich in der zweiten Beobachtung nicht über 2 Procent empor geht. Aus diesen Erfahrungen folgt also der Schluss, dass der Widerstand der Uhr, auch wenn sie in dem Blutstrom sitzt, keineswegs so gross ist, dass er die quantitativen Erscheinungen des wahren Stroms wesentlich zu trüben vermöchte.

Da es mir aber nicht gelungen ist mit Sicherheit die Fehlergrenzen zu ermitteln, so halte ich es zunächst für gerathen, in den später mitzutheilenden Versuchen nur auf grössere Abweichungen und namentlich nur auf solche, die über 10 Procent hinausgehn, Werth zu legen. Den Erfahrungen gemäss, die ich an den künstlichen Strömen gesammelt und oben mitgetheilt habe, glaube ich, dass die wahre Fehlergrenze viel enger zu ziehen ist, namentlich wenn die Geschwindigkeiten des Blutstroms gering ausfallen. Jedenfalls darf das neue Verfahren, namentlich in Anbetracht der geringen Zahl genauerer Methoden zur Messung physiologischer Vorgänge hoffen, dass auch die durch dasselbe gewonnenen Resultate nicht unbeachtet bleiben.

Ich gehe nun zu den Erfahrungen über, welche ich bei der Aichung des lebendigen Blutstroms gewonnen.

9. Benutzung der Angaben der Stromuhr. — Aus den Angaben, welche die Versuche am lebenden Thiere liefern, können abgeleitet werden die mittleren Volumina von Blut, welche in der Secunde durch den beobachteten Querschnitt der Arterie hindurchgehen. Dieser Werth wird gefunden, wenn man die Zahl der Secunden, die zur Füllung einer Kugel verstreichen mussten, in den bekannten Rauminhalt der Kugel dividirt; ich werde ihn unter dem Namen des Strom- oder Secundenvolums einführen. Er giebt nicht allein den Beobachtungen ihren unverfänglichsten Ausdruck, sondern man erfährt durch ihn auch dasjenige, was am wissenswürdigsten ist; ich werde desshalb bei der Aufzählung meiner Beobachtungen das Stromvolum jedesmal in erster Linie anführen.

Ausserdem lassen sich die Bruttoangaben der Versuche dazu benutzen, um aus ihnen herzuleiten das Mittel der nach der Zeit veränderlichen Geschwindigkeit in dem beobachteten Arterienquerschnitt. Zur Auswerthung dieses mittleren Wer-

thes ist es nothwendig den Ergebnissen, welche die Stromuhr liefert, noch den Durchmesser beizufügen, welchen die Arterie besitzt, deren Stromaichung vorgenommen wurde. Zur Herstellung des wahren Mittelwerthes würde es natürlich nothwendig sein den mittlern Durchmesser der Arterie in die Rechnung einzuführen, da mit den Phasen des Herzschlages und der Athmung der Umfang der Arterie, insbesondere beim Hund, sehr merklich differirt. Nun liegt es auf der Hand, dass der mittlere Durchmesser der Arterie in diesem Sinn genommen nicht anzugeben ist; man ist dessbalb, will man auf die Angabe der mittlern Geschwindigkeit nicht verzichten, gezwungen, statt des wahren einen nur ungefähr richtigen mittlern Durchmesser der Arterie einzuführen. Einen solchen habe ich mir dadurch verschafft, dass ich mit einem feinen Tasterzirkel den Durchmesser der Arterie, bevor ich die Uhr in dieselbe einsetzte, ausmass und von der gefundenen Grösse die doppelte Dicke der Arterienwand abzog, die genau an derselben Stelle gemessen wurde, an welcher ich den äussern Umfang des Gefässes abgetastet hatte. Mit Hülfe des auf diese Weise gefundenen Radius wurde die Quadratfläche der Arterienlichtung berechnet, und dieser auf bekannte Weise zur Ermittelung der mittlern Secundengeschwindigkeit des Stromes benutzt. Wenn auch, wie erwähnt, die gefundene Zahl von der wahren merklich abweicht, so ist sie immerhin dazu brauchbar, schätzungsweise den Strom in zwei verschiedenen Arterien zu vergleichen; ich habe dessbalb in der Regel auch diesen Werth zur Darstellung der Beobachtungsergebnisse benutzt.

Fernerhin kann man aus dem, was die Beobachtung ergiebt, auch noch das Blutvolum berechnen, was ein mittlerer Herzschlag durch den beobachteten Querschnitt der Arterie hindurchgetrieben hat. Zu dem Ende hat man nur mit der Zahl der Herzschläge, welche während der Füllung einer Kugel ausgeführt wurden, in das bekannte Volum der letzteren zu dividiren. Kaum wird zu erwähnen sein, dass diese mittlere Quote des Herzvolums sich um so weiter von den wirklich vorhanden gewesenen entfernt, je unregelmässiger das Herz während der Beobachtungszeit geschlagen. Aus diesem Grunde wird der mittlere Antheil, der dem betrachteten Gefässe von der gesammten durch das Herz ausgestossenen Blutmasse zugetheilt

wurde, sich beim Hunde mehr von der Wahrheit entfernen, als beim Kaninchen.

10. Stromaichungen am lebenden Thier. — A. Im Beginn meiner Beobachtung enthielt ich mich begreiflicherweise einer jeden künstlichen Veränderung in den Zuständen des Thiers: ich beschränkte mich einfach darauf, die Stromvolumina zu ermitteln, während das Thier ruhig dalag. Eine Reihe von Versuchen, die auf diese Weise ausgeführt wurden, ergaben am Kaninchen und am Hund die Zahlen, welche ich sogleich mittheilen will. — Dem Verständniss wird genügt sein, wenn ich hinzufüge, dass unter dem ersten Stabe die Zeit eingeschrieben ist, welche seit dem Beginn des Versuches verflossen war. Je zwei Angaben, die in derselben Reihe neben einander stehen, drücken die Zeitdauer aus, welche zur Füllung der einen oder der mehreren Kugeln nothwendig war, aus welcher die mittlern Stromvolumina und Geschwindigkeiten abgeleitet sind, welche unter den beiden folgenden Ueberschriften und zwar in der gleichen Reihe verzeichnet stehen.

Beobachtung an der Arteria carotis communis.

Fortlaufende Zeit in Secunden	Stromvolum in 1 Secunde in Cbc.	Mittlere Geschwindigk. in der Sec. und in Mm.	Bemerkungen
0—30	0,40	226	Kaninchen, Körpergewicht 1700 Gr. Durchmesser der Carotis = 1,4 Mm.
30—36	0,33	188	
36—54	0,22	125	
54—70	0,25	141	
70—84	0,28	161	
84—90	0,33	188	
90—98	0,25	141	
98—110	0,16	94	
0—15	2,8	489	Hund, Körpergew. 23,28 Kilo, mit Morphium vergiftet, Durchm. der Art. carotis = 2,7 Mm.
15—25	4,2	733	
25—44	2,2	386	
44—65	2,0	349	
65—80	2,8	489	

Fortlaufende Zeit in Secunden	Stromvolum in 1 Secunde in Cbc.	Mittlere Geschwindigk. in der Sec. und in Mm.	Bemerkungen
0—14	3,2	520	Hund, Körpergew. 12,13 Kilo, Durchm. der Art. carotis = 2,8 Mm.
14—32	2,5	405	
32—52	2,3	365	
52—73	2,0	417	
73—97	1,9	304	
97—127	1,5	243	
0—9	1,7	339	Hund, Körpergew. 3,57 Kilo, n. vago-sympath. durchschnitten.
9—21	1,3	255	
21—36	1,0	204	
36—45	1,7	339	
0—22	0,69	411	Hund, Körpergew. 3,17 Kilo, mit Morph. vergiftet, Durchm. der Carotis = 1,50 Mm.
22—42	0,77	458	
42—63	0,72	430	

Die Zahlen gewähren den Aufschluss, dass die mittlern Stromvolumina auch am ruhigen, in scheinbarem Gleichgewichte verharrenden Thiere fortwährenden Schwankungen ausgesetzt sind. Mit wenigen Ausnahmen ändert sich von einer Kugel zur andern die strömende Masse, und dieses so bedeutend, dass sie im Verlauf von einer Minute auf die Hälfte ihres ursprünglichen Werthes herabsinken und dann auch wieder auf diesen und höher emporsteigen kann. Eine solche Schwankung war für den ruhigen Ablauf des Lebens zu auffallend um nicht den Verdacht zu erregen, dass hier wider den Willen des Beobachters künstliche Störungen in den Blutlauf eingeführt worden seien. Als solche wären, so könnte man denken, vielleicht die Temperaturänderung anzusehen gewesen, welche das Blut während seines Aufenthaltes in den Kugeln erlitten hätte. Es giebt einen directen Weg sich hierüber zu vergewissern; dieser besteht darin, dass man die beiden Kugeln der Uhr, wie es in Fig. 1 zu sehn, mit einem Gefäss umgiebt, das mit Wasser von beliebiger Temperatur gefüllt und auf dieser erhalten werden kann. Nach dieser Anweisung stellte ich alsbald einige Versuche mit Hunden an, wobei ich das Wasser in der Umgebung der

Kugeln entweder auf 40° C. oder auf 0° C. temperirt erhielt. Das Resultat derselben war das folgende:

Nr. der Kugeln v. Beginn des Versuchs	Kugeln mit Wasser von 40° C. umgeben: Stromvolum in der Sec. Cbc.	Mittlere Geschwindigkeit in 1 Sec. u. Mm.	Zahl d. Pulsschläge in 100 Sec.	Kugeln m. Wasser v. nahezu 0° C. umgeb.: Stromvolum in 1 Secunde	Mittlere Geschwindigkeit in 1 Secunde	Zahl d. Pulsschläge in 100 Sec.	Bemerkungen
1	1,68	534	110	—	—	—	Hund, Körpergewicht 3,66 Kilo, Durchmesser der Carotis = 2 Mm. Während der Dauer d. ganzen Versuchs (warm u. kalt) heftige Athembewegungen.
2	1,58	481	110	—	—	—	
3	—	—	—	1,70	541	188	
4	—	—	—	1,00	315	47	
5	—	—	—	1,53	487	90	
6	—	—	—	1,88	597	112	
7	—	—	—	1,91	609	112	
8	1,47	468	110	—	—	—	
9	1,36	434	127	—	—	—	
10	1,47	468	140	—	—	—	
11	1,50	478	140	—	—	—	
1	0,28	58	104	—	—	—	**Hund, Körpergewicht 4,46 Kilo, Durchmesser der Carotis = 3,5 Mm.**
2	0,77	157	127	—	—	—	
3	0,72	146	?	—	—	—	
4	—	—	—	0,52	105	155	
5	—	—	—	0,82	173	161	
6	—	—	—	1,15	235	177	
7	0,43	88	150	—	—	—	
8	0,83	169	?	—	—	—	
9	—	—	—	0,82	166	177	**Der letzte Aufenthalt der Kugel in Eiswasser (von 9 bis 26) dauerte 382 Secunden.**
10	—	—	—	0,75	153	?	
11	—	—	—	0,70	143	124	
13	-	—	—	0,74	150	135	
15	—	—	—	0,70	143	124	
17	—	—	—	0,74	150	130	
19	—	-	—	0,71	143	124	
21	—	—	—	0,64	130	113	
23	—	—	—	0,64	130	116	
26	—	—	—	0,49	100	100	

Die Versuche gewähren die Ueberzeugung, dass die Aenderungen der Temperatur, welche das Blut während seines Aufenthalts in den Kugeln erfährt, weder an dem Auftreten der Schwankungen betheiligt sind, oder etwa gar die Geschwindigkeit nach einer bestimmten Richtung hin beeinflussen. — Von vorn herein hätte man etwa erwarten können, dass das

Blut, welches in den freistehenden von der Zimmerluft umgebenen Kugeln verweilte, so weit abgekühlt worden wäre, dass dasselbe nach seinem Rücktritt in die Blutgefässe die Muskeln der kleinen Arterien zur Contraction veranlasst hätte; hieraus würden die etwa eingetretenen Verminderungen der Geschwindigkeit zu erklären gewesen sein. Nun zeigt sich aber, dass Erscheinungen, die auf eine Contraction in Folge der Abkühlung hindeuten, nicht einmal eintreten, wenn das Blut in den von Eiswasser umgebenen Kugeln verweilte; was also die stärkere Abkühlung nicht vermag darf doch sicher nicht der geringeren zugemuthet werden. — Um anderseits die Vermehrung der Geschwindigkeit, welche häufig auf ihre Verminderung folgt, aus der Temperaturerniedrigung zu erklären, müsste man zu reflectorischen Reizungen, welche das kühlere Blut einleitete, seine Zuflucht nehmen. Hiezu liegt jedoch kein Grund vor, sobald wir sehn, dass die Schwankungen der Stromgeschwindigkeit auch nicht ausbleiben, wenn das Blut aus den Kugeln kommt, die nahezu auf die Eigenwärme des Thiers temperirt sind. Mit einem Wort die Schwankungen sind unabhängig von der geringen Erniedrigung der Temperatur, welche das Blut während seines Aufenthaltes von etwa 30 bis 40 Secunden in den Kugeln erfahren kann.

Damit möchte ich jedoch nicht gesagt haben, dass das abgekühlte Blut gar keinen Einfluss auf die reizbaren Theile des Gebietes übe, welche von ihm durchströmt werden. Bei der Durchsicht der Pulszahlen, welche in den vorstehenden Beobachtungen verzeichnet sind, fällt es auf, dass während der Abkühlungszeit die Zahl der Herzschläge zuweilen eine auffallend niedrige wird, z. B. nur 47 in 100 Secunden, während etwas ähnliches in den Wärmezeiten nicht beobachtet wird. Allerdings steigt, wie z. B. in der ersten der beiden Beobachtungen, die Pulszahl trotz fortdauernder Abkühlung auch wieder an; im zweiten Fall dagegen, in welchem zuletzt das Blut 382 Secunden in Eiswasser stand, nahm sie fort und fort von 177 zu 100 in 100 Secunden ab. Man kann danach vermuthen, dass das kühlere Blut die Wurzeln des Vagus reize. Hievon habe ich mich wiederholt auf die Weise überzeugt dass ich absichtlich das Vorwärmen des in der ersten Kugel enthaltenen defibrinirten Blutes unterliess, so dass ein Blut von 18 bis 20° C. in das Hirn ablief; die Thiere athmeten sogleich einigemale tief ein

oder schrieen sogar laut auf, und ihr Puls ward um einige Schläge seltener. Immer aber war dieser Erfolg ein ganz vorübergehender; nach der zweiten oder dritten Kugel kehrte die häufigere Schlagzahl wieder, und der Gang des Stroms wurde überhaupt nicht weiter beeinflusst.

Da beim Hund schon in den ersten Versuchen mit freistehenden Kugeln die Geschwindigkeit auf und ab schwankte, so war es von vornherein unwahrscheinlich, dass die nach einer Richtung hingehende Temperaturänderung den variablen Gang der Geschwindigkeit veranlasst haben sollte. Anders verhielt es sich beim Kaninchen. In der auf Seite 239 vorgeführten Beobachtung an diesem Thier sieht man die Geschwindigkeit zwar auch mit Schwankungen behaftet, aber sie nimmt im Allgemeinen doch vom Beginn gegen das Ende der Beobachtung ab; diese Erfahrung habe ich nun oft gemacht. Setzt man bei einem Kaninchen das erste, warmes Blut enthaltende Kugelpaar ein, so bemerkt man, dass der Strom anfangs während einiger Kugeldrehungen in engen Grenzen schwankt, dann aber mit der wachsenden Zahl der Kugeldrehungen stetig an Geschwindigkeit verliert, so dass der Verdacht entsteht, es möchte eine Blutgerinnung eingetreten sein. Entfernt man nun den Apparat, so kann man sich leicht überzeugen, dass in vielen Fällen trotz des langsamen Stromes der Inhalt der Uhr vollkommen frei von jedem Gerinnsel ist. Setzt man alsdann ein neues Kugelpaar mit warmem Blut in die Arterie, so wiederholt sich öfter die Reihenfolge der Erscheinungen, die man am ersten Kugelpaar gesehen, auch am zweiten; vertauscht man darnach das zweite Kugelpaar mit dem dritten, so sieht man anfänglich wiederum eine grössere, der im Beginn des ersten Versuchs beobachteten gleiche Geschwindigkeit eintreten, woraus zur Genüge erhellt, dass in dem Gefässbaum nirgends Blutgerinnsel vorhanden waren. Werden, wenn die Geschwindigkeit abgenommen, die Ohrlöffel der Betrachtung unterzogen, so findet man dieselben kalt und blass, demnach könnte der Verlauf der vorgeführten Erscheinungen so zu deuten sein, dass sich der Kopf des Thiers durch das den Kugeln entströmende Blut allmälig abkühlte, während es sich in der Pause, die zwischen zwei Kugeleinsetzungen verstreicht, allmälig wieder erwärmt hätte. Diese Deutung des Vorgangs ist jedoch mit Vorsicht aufzunehmen weil ich wiederholt mit der wachsenden Zahl der Kugeldrehungen die Geschwindigkeit

der Kugeln sich mindern und die Blässe des Ohres eintreten sah, wenn auch die Kugeln von aussen mit warmem Wasser umgeben waren. Hierfür liefert der nachstehende Versuch ein schlagendes Beispiel:

Nummer der Kugel	Stromvolum in 1 Secunde.	Mittlere Geschwindigkt. p. Sec. in Mm.	Pulse in 100 Secunden.	Bemerkungen.	
	Ccm.				Kaninchen. Kp.-G. 1610 Gr. Durchm. d. Carotis 1,5 Mm. Ohrlöffel bleich und kalt, Wunde mit Watte bedeckt.
1	0,29	174	—	Kugel mit Wasser von 35° C. umgeben.	
2	0,16	94	221		
3	0,10	60	—		

Woher nun aber auch die Minderung der Geschwindigkeit unter den besprochenen Umständen rühren mag, keinen Falls ist das Bedenken abzuweisen, dass beim Kaninchen der Versuch selbst störend in den Blutlauf eingreifen könne. Dabei darf ich jedoch die Bemerkung nicht unterlassen, dass das eben beschriebene Verhalten keineswegs immer beim Kaninchen eintritt. Beim Hunde habe ich niemals etwas ähnliches bemerkt. Aus diesem Grunde habe ich mich vorzugsweise an den Hund gehalten.

Nachdem mich die Erfahrung belehrt hatte, dass keinenfalls beim Hunde die etwa eintretenden Temperaturänderungen Schuld trugen an dem Wechsel in den Geschwindigkeiten des Blutstroms, so musste ich nach anderen Ursachen für sie suchen. Natürlich richtete sich mein Augenmerk zunächst auf die häufig vorkommenden Aenderungen in der Schlagfolge des Herzens und die Unregelmässigkeiten des mittleren Blutdrucks.

Ueber die Beziehungen, welche zwischen der Zahl der Pulse und dem Stromvolum bestehen, oder nicht bestehen, giebt die folgende Reihe Aufschluss. In den Versuchen, die derselben zu Grunde liegen, wurden die Pulse während der Zeitdauer der Kugelfüllung gezählt. Die Pulszahlen, welche während je einer derselben notirt waren, wurden auf die Zeit von 100 Secunden berechnet, und diese Werthe sind mit dem mittlern Stromvolum der zugehörigen Kugel für die Secunde zusammengestellt worden. Um dem Leser die Vergleichung zu erleichtern, habe ich an

jedem der beobachteten Thiere die Zahlen nach der Grösse der Stromvolumina und zwar in absteigender Richtung geordnet. Ausserdem ist an dem dritten Stabe das Schlagvolum aufgeführt, d. h. die Blutmenge, welche während eines Herzschlages durch die A. carotis ging. Die Zahlen im ersten Stabe geben an, auf die wievielte Kugel seit Beginn der Beobachtung sich die Stromvolumina etc. heziehen.

Nummer der Kugel.	Stromvolum in d. Secunde Ccm.	Stromvolum für 1 Herzschlag.	Mittlere Geschwindigkt. in Sec. u. Mm.	Zahl der Pulsschläge in 100 Secunden.	Bemerkungen.
6	1,15	0,65	235	147	Hund.
5	0,85	0,53	173	161	Kpg. 4,46 Kilo. M. Morphium
9	0,82	—	166	177	vergiftet. Durchm. d. A.
2	0,77	0,68	158	127	Car. 2,5 Mm.
17	0,74	0,56	150	130	
18, 19, 20	0,71	0,56	143	124	
21	0,64	0,56	130	113	
23	0,64	0,50	130	116	
24	0,64	0,47	130	135	
26	0,49	0,49	100	100	
7	0,43	0,29	88	150	
1	0,28	0,27	58	104	
2	1,18	0,90	166	120	Hund.
3	1,08	0,84	152	130	Kpg. 5,5 Kilo. Durchm. d. A.
1	1,01	0,66	142	150	Carotis 3,0 Mm.
10	1,63	0,74	333	222	Hund.
11	1,63	0,79	333	211	Kpg. 5,75 Kilo. Durchm. d. A.
12	1,63	0,74	333	122	Carotis 2,5 Mm. M. Mor-
13	1,63	0,82	333	200	phium vergiftet.
14	1,63	0,82	333	200	
15	1,63	0,88	333	188	
17	1,63	0,75	333	222	
9	1,50	0,75	305	210	
16	1,47	0,70	299	210	
3	1,37	1,16	280	133	
2	1,28	0,85	260	150	
1	0,94	0,52	192	180	
					Hund.
2	0,77	0,54	458	140	Kpg. 3,17 Kilo. Durchm. d.
3	0,72	0,54	430	133	A. Car. 1,5 Mm. M. Mor-
1	0,69	0,50	411	136	phium vergiftet.

Nummer der Kugel.	Stromvolum in d. Secunde Ccm.	Stromvolum in 1 Herzschlag.	Mittlere Geschwindigkt. in sc. u. Mm.	Zahl der Pulsschläge in 100 Secunden.	Bemerkungen.
4	0,67	0,64	398	104	Fortsetzung des Versuches von voriger Seite.
5	0,60	0,60	459	100	
6	0,48	0,49	286	97	
7	0,37	0,25	249	150	
8	0,35	0,26	210	133	
7	1,91	1,70	609	112	Hund. Kpg. 3,66 Kilo. Durchm. d. A. Car. 2,5 Mm.
6	1,88	1,66	597	112	
3	1,70	0,90	541	188	
1	1,68	1,51	534	110	
5	1,53	1,70	487	90	
2	1,53	1,39	481	110	
11	1,50	1,07	478	140	
8	1,47	1,33	468	110	
10	1,47	1,05	468	140	
9	1,36	1,07	434	127	
4	1,00	2,14	315	46	

Nummer der Kugeln.	Stromvolum in 1 Secunde in Ccm.	Stromvolum in 1 Herzschl. Ccm.	Zahl der Herzschläge in 100 Secunden.	Bemerkungen.
12	1,21	1,50	81	Hund. Kpg. 4,76 Kilo. Durchm. d. A. Car. zwischen 2 u. 3 Mm. M. Morphium vergiftet.
15				
13	1,01	1,50	96	
5	1,07	0,15	107	
6		1,18	90	
7		1,00	107	
8		1,00	107	
23	0,96	1,09	88	
10	0,96	0,92	104	
14	0,96	1,04	92	
17bis20	0,92	1,09	85	
11	0,82	1,18	86	
21	0,80	1,00	80	
22		0,92	90	
3	0,68	0,71	96	
4		0,75	91	
9	0,62	0,71	88	
2	0,41	0,48	80	

Nummer der Kugeln.	Stromvolum in 1 Secunde in Ccm.	Stromvolum in 1 Herzschl. Ccm.	Mittlere Geschwindigkt. Sec. u. Mm.	Zahl der Herzschläge in 100 Secunden.	Bemerkungen.
2	0,96	0,39	196	242	Hund
1	0,91	0,52	186	177	Kpg. 2,59 Kilo. Durchm. d. A. Car. 2,5 Mm. M. Morphium vergiftet.
4	0,88	0,35	168	250	
3	0,75	0,39	152	193	
6	0,76	0,32	155	241	
5	0,73	0,34	149	212	
8	0,73	0,32	148	230	
7	0,70	0,30	142	236	
9	0,63	0,31	128	202	
10, 11	0,51	0,27	104	187	

Hier zeigt sich nun auch nicht die entfernteste Andeutung für ein festes Verhältniss zwischen der Pulszahl und dem Stromvolum in der A. carotis, denn die beiden Werthe schwanken ganz unabhängig von einander auf und ab. Das Stromvolum kann längere Zeit hindurch ganz oder nahezu unverändert bleiben, während die Pulszahlen um mehr als 40 Procent variiren, und umgekehrt bei ganz derselben Pulszahl kann ein sehr ungleiches Stromvolum durch die A. carotis fliessen. — Zu ähnlichen Resultaten ist schon *Lenz**) gelangt.

Dasselbe was für das Stromvolum in der Secunde gefunden wurde, gilt auch für das Schlag- oder Pulsvolum der A. carotis. Als Quotient aus der Zahl der Herzschläge in das während einer Secunde strömende Blut wächst es selbstverständlich proportional mit dem Stromvolum und nimmt mit der steigenden Pulsfrequenz ab; demnach erreicht es seine grössten Werthe, wenn die strömende Masse gross und die Zahl der Pulse klein ist. — Die physiologische Unabhängigkeit des Quotienten von den ihn erzeugenden Factoren ergiebt sich aber sogleich daraus, dass es bei kleinen Werthen des Stromvolums und grossen der Schlagzahlen des Herzens grösser sein kann, als wenn die beiden genannten Werthe sich im umgekehrten Sinne geändert haben.

*) *C. Ludwig,* Physiologie des Menschen, 2. Aufl. II. S. 193.

Wenn auch zunächst nichts anderes, so geht doch aus diesen Erfahrungen hervor, dass einige Unterstellungen nicht ohne weiteres als gültige anzusehen sind, die man von verschiedenen Seiten her gemacht und als Grundlagen weiterer Schlüsse benutzt hat. Die erste von diesen lautet dahin, dass ein jeder Herzschlag gleich viel Blut entleere, so dass die gesammte der linken Kammer entströmende Flüssigkeitsmasse geradezu wie die Zahl der Pulse wachse; diesen Satz brachte man in Verbindung mit dem andern, dass die in der A. aorta fliessende Blutmasse sich nach ganz bestimmten Proportionen in die primären Arterienzweige vertheile. Da die obige Zusammenstellung zeigt, dass das carotische Stromvolum keineswegs mit der Zahl der Herzschläge zunimmt, so ist jedenfalls, wenn nicht beide, so doch eine der angeführten Annahmen unrichtig.

Zu demselben Urtheil kommt man über eine andere, wiederholt ausgesprochene Hypothese. Nach ihr soll die Blutmenge, welche in der Zeiteinheit aus dem Herzen hervorgeht, nur von dem Zufluss abhängen, welcher von Seiten der Venen her stattfindet. Dann würde allerdings die in der Zeiteinheit von dem Ventrikel in Bewegung gesetzte Blutmasse unabhängig von der Zahl seiner Zusammenziehungen sein, es müsste aber die mit jedem einzelnen Herzschlage entleerte Blutmenge um so kleiner werden, je grösser die Zahl der Herzschläge in der Zeiteinheit ausfiele. Da wir diese Folgerung an dem Strom in der A. carotis nicht bestätigt sehn, so muss also entweder die Unterstellung, welche über die Gesammtmasse des strömenden Blutes gemacht wurde nicht richtig sein, oder es muss der Antheil, welchen die Carotis vom Aorteninhalt empfängt, im Verlaufe der Zeit beträchtlich variiren. *)

Da sich gar keine feste Beziehung zwischen der Zahl der

---

*) Da ich wiederholt das Gewicht der beiden und den Inhalt des linken Ventrikels ausgewerthet, so kann man, wo dieses geschehen, die grössten Stromvolumina in der Carotis während 1 Herzschlags und 1 Secunde mit der Räumlichkeit des linken Ventrikels vergleichen. Bevor ich die Zahlen, welche die Grundlagen und die Resultate der Vergleichung anführe, bemerke ich über die genannten Maasswerthe des Herzens Folgendes. — Das Gewicht wurde an den feuchten Ventrikeln, die von Klappen und Vorhöfen sorgfältig befreit waren, genommen Zur Ausmessung der Kammerhöhle zerstörte ich die Semilunarklappen und band eine nach

Herzschläge und dem carotischen Stromvolum vorgefunden hatte, so war nun zu versuchen, ob vielleicht eine solche zwischen dem mittlern Blutdruck in der Carotis und dem Stromvolum dieser Arterien besteht. Die Annahme, dass zwischen der Masse des Bluts, welche aus der Aorta abfliesst und dem Druck, unter dem es dort liegt, eine directe Proportion bestehe, ist allerdings schon durch die Erfahrungen der neuern

---

Mm. getheilte, kalibrirte Glasröhre an die Aorta. Das dem Herzen zugewendete Ende dieser Röhren wurde genau bis an die Grenze zwischen der Aorta und Herz vorgeschoben; darauf unterband ich die Kranzarterien und knüpfte ein stehengelassenes Stück des linken Vorhofs an der Aorta fest; ohne diese Vorsichtsmassregel würde sich bei der Füllung des Herzens die an der Aortenseite liegende Zipfelklappe zu weit von der gegenüberliegenden entfernen, als dass dann noch der Klappenschluss an der Vorhofsmündung zu Stande kommen könnte. Alsdann stellte ich das Herz mittelst der Röhre in einem Stativ fest, tauchte die Kammern bis an den Vorhofrand in Wasser und füllte nun von der Glasröhre her die linke Kammer mit Wasser an, wobei der Eintritt und das Zurückbleiben von Luftblasen sorgfältig vermieden wurde. Bei dieser Füllung stellten sich in der Regel die Vorhofsklappen alsbald fest ein und ich konnte nun durch die Röhre so lange Wasser nachfüllen, bis der Inhalt der Kammer unter dem gewünschten an der Theilung der Röhre abzulesenden Druck stand; darauf hob ich mit einer feinen Pipette das Wasser ab, welches über den Vorhofsklappen stand, nahm dann das Herz aus dem Stativ, trocknete es von aussen ab und entleerte seinen Inhalt in eine Schale. Zieht man von dem gefundenen Wasservolum dasjenige des Inhalts des angefüllten Röhrenstückes ab, so erhält man den Rauminhalt des linken Ventrikels unter dem angewendeten Druck.

Diese Messungen nahm ich in der Regel zweimal vor, das erste Mal unmittelbar nach dem Tode des Thieres, bevor die Herzmuskeln starr geworden waren, das andere Mal zwei Tage später, nachdem sich die Starre wieder gelöst hatte. Beide Bestimmungen gaben mir in der Regel bei gleichem Druck gleiche Werthe für den Inhalt des Ventrikels. Die letztern werden dagegen beträchtlich kleiner, wenn man die Messung bei noch vorhandener Starre vornimmt.

Die hier beschriebenen Messungen sind natürlich nicht in der Absicht angestellt, um das wahre Volum zu finden, welches die linke Kammer bei ihrer lebendigen Zusammenziehung in die Arterien entleert; sie können auch nicht einmal dazu dienen, um das Maximum des Rauminhalts anzugeben, welches die lebende Kammer zu umspannen vermag, weil uns der Druck unbekannt ist, unter welchem die Füllung im Leben geschieht. Wenn diese Messungen überhaupt einen Sinn haben, so kann dieser nur darin bestehen, dass man Rauminhalte des linken Ventrikels findet, welche den maximalen Füllungen des lebendigen Herzens proportional sind; man

Zeit sehr erschüttert worden. Solange man keine Rücksicht nahm auf die wechselvolle Weite der Abflusswege, beziehungsweise auf den veränderlichen Contractionsgrad der Muskeln an den kleinen Arterien, musste man den Regeln der Hydraulik entsprechend annehmen, dass der Abfluss des aortischen Inhaltes proportional seinem mittlern Druck stattfinde. Seitdem wir aber wissen, dass die höchsten Werthe des arteriellen Blutdruckes zusammenfallen mit den grössten Werthen der Contraction in den kleinen Arterien, so ist es auch klar, dass mindestens in zahlreichen Fällen statt einer directen eine umgekehrte Proportion zwischen den Grössen des mittlern Blutdrucks in den Arterien und der Ausfluss-Menge aus denselben eintreten müsse. In andern Fällen kann freilich auch eine directe Proportion zwischen den genannten Grössen auftreten. Diese Voraussicht ist im Allgemeinen durch die folgenden Zahlen bestätigt worden.

In dem ersten Stab der folgenden Tabelle ist die Nummer

---

erhält somit Unterlagen für die Vergleichung der relativen Capacitäten zweier verschiedener Herzen. Ich lasse nun die Zahlen folgen.

Grösstes Stromvolum in 1 Secunde.	Grösstes Stromvolum in 1 Herzschlag.	Inhalt der linken Kammer.	Füllungsdrck. in Mm. HO.	Verhältnisszahlen zwisch. Kammerinhlt. in Secd.-volum	Verhältnisszahlen zwisch. Kammerinhlt. in Schlag volum	Gewicht beider Ventrikel.	Bemerkungen.
Cbc.	Cbc.	Cbc.				Gr.	
4.17	2.56	61	480	0.068	0.04	60	Körpergr. 21.91 Kilo.
		50	125	0.083	0.05		diam. art car. 4.5 Mm.
2.21	1.40	50	302	0.044	0.02	98	Krprgew. 11.67 Kilo.
		46	204	0.048	0.03		diam art.car. 3.5 Mm.
1.51	0.86	51	302	0.030	0.01	85	Krprgewch. 10.11 Kilo.
		40	105	0.038	0.02		diam. art car. 3.5 Mm.
2.00	2.00	26	439	0.077	0.08	40	Krprgewch. 3.40 Kilo.
		19	152	0.105	0.15		diam. art.car. 2.5 Mm.
1.13	0.62	27	439	0.042	0.02	40	Krprgewch. 3.69 Kilo.
		20	152	0.057	0.03		diam. art. car. 2.0 Mm.
0.60	0.14	17	439	0.035	0.08	25	Krprgewch. 2.42 Kilo.
		12	152	0.049	0.01		diam.art. car. 2.0 Mm.
0.84	0.45	16	439	0.053	0.03	30	Krprgewch. 2.80 Kilo.
		13	152	0.065	0.03		diam.art. car. 2.0 Mm.

Es dürfte gewagt sein, auf diese geringe Zahl von Beobachtungen schon jetzt Schlüsse bauen zu wollen.

der vom Beginn der Beobachtung fortlaufend gezählten Kugel eingetragen; im zweiten Stabe steht das Stromvolum der Carotis; die verschiedenen Werthe desselben, die bei je einem Thier gefunden wurden, sind nicht nach der zeitlichen Reihenfolge, sondern nach ihrer Grösse und zwar in absteigender Weise angeordnet; darauf folgt die aus dem Stromvolum und dem Arterien-Durchmesser berechnete mittlere Geschwindigkeit, dann der mittlere Blutdruck in Mm. Hg.

Nummer der Kugeln.	Stromvolum in 1 Secunde in Ccm.	Mittlere Geschwindigkt. in 1 Secunde und in Mm.	Mittlerer Blutdruck in der A. carotis.	Bemerkungen.
I				
5	3,40	357	87,0	Hund.
4	3,10	323	89,2	Kpg. 10,64 Kilo. Durchm.
7	3,08	320	88,0	d. Carotis 3,5 Mm.
3	2,96	308	89,6	
6	2,82	293	90,2	
9	2,29	238	88,4	
8	2,17	226	85,0	
10	2,17	226	84,4	
2	2,08	217	90,6	
1	2,07	215	90,6	
13	2,01	209	85,0	
12	1,90	198	84,2	
11	1,78	185	82,8	
14	1,75	181	84,6	
II				
4	2,21	129	140,8	Hund.
3	2,06	214	139,0	Kpg. 11,67 Kilo. Durchm.
5	1,81	188	143,2	d. Aorta 3,5 Mm.
2	1,78	185	132,0	
1	1,40	146	133,2	
6	1,34	139	114,4	
7	1,08	111	117,2	
9	0,81	84	119,2	
8	0,76	79	118,4	
10	0,72	74	119,8	
III				
2	0,96	195	99,2	Hund.
1	0,91	186	98	Kpg. 2,59 Kilo.
6	0,76	155	103,8	
3	0,75	152	103,4	

Nr. der Kugeln.	Stromvolum in 1 Secunde in Ccm.	Geschwindigkeit.	Mittlerer Blutdruck.	Bemerkungen.
5	0,73	149	109,6	
8	0,73	148	103,0	
9	0,63	128	103,6	
10	0,51	104	102,2	
11	0,51	103	106,8	
IV				
2	4,17	262	109,4	Hund.
4	3,12	196	114,2	Kpg. 21,91 Kilo. Durchm.
6	3,12	196	117,2	d. Arteria carotis 4,5
1	3,08	194	108,6	Mm. M. Morphium vergiftet.
8	2,85	179	115,6	
11	2,76	174	114,4	
5	2,70	170	123,0	
7	2,52	158	117,6	
12	2,33	147	115,2	
3	2,29	144	116,4	
13	2,29	144	113,0	
9	2,16	136	114,8	
10	2,07	130	113,4	
14	1,98	124	115,0	

Bei einer Durchsicht dieser Zahlen wird man bemerken, dass allerdings zuweilen mit dem sinkenden Druck auch das Stromvolum abnimmt, eben so oft aber gewahrt man auch das Umgekehrte. Um die Einsicht in diese Unregelmässigkeit noch weiter zu erleichtern, habe ich aus jeder der vier Beobachtungsreihen die grössten und kleinsten Stromvolumina und ihre zugehörigen Drücke ausgezogen und sie mit einander verglichen.

I $\frac{\text{Kleinstes Stromvol. } 1,75}{\text{Grösstes Stromvol. } 3,40} = 0,51 \quad \frac{\text{mittl. Druck } 84,6}{\text{,, ,, } 87,0} = 0,97.$

II Ohne Morphium.

$\frac{\text{Kleinstes Stromvol. } 1,40}{\text{Grösstes Stromvol. } 2,21} = 0,64 \quad \frac{\text{mittl. Druck } 133,2}{\text{,, ,, } 140,8} = 0,95.$

Mit Morphium.

$\frac{\text{Kleinstes Stromvol. } 0,72}{\text{Grösstes Stromvol. } 1,34} = 0,55 \quad \frac{\text{mittl. Druck } 119,8}{\text{,, ,, } 114,4} = 1,04.$

III $\frac{\text{Kleinstes Stromvol. } 0,51}{\text{Grösstes Stromvol. } 0,96} = 0,52 \quad \frac{\text{mittl. Druck } 106,8}{\text{,, ,, } 99,2} = 1,08.$

IV $\frac{\text{Kleinstes Stromvol. } 1{,}98}{\text{Grösstes Stromvol. } 4{,}17} = 0{,}47$ $\frac{\text{mittl. Druck } 115{,}0}{\text{,, ,, } 109{,}4} = 1{,}08.$

Nachdem ich auf diesen Punkt gelangt war, schien es mir, bevor ich mich auf weitergehende Schlüsse einliess, vorerst nothwendig, mit Sicherheit festzustellen, ob die Blutmassen, welche die Aorta ihren verschiedenen Zweigen zutheilt, in einem unveränderlichen Verhältniss zu einander stehen. Diese Frage liess sich nur dadurch erledigen, dass man gleichzeitig zwei Arterien mit je einer Stromuhr versah. Hierzu wurde die Arteria carotis comm. und die A. cruralis des Hundes gewählt. Diese Versuche sind schwierig, weil sie zwei geübte Beobachter verlangen und aus diesem Grund ist die Zahl meiner gelungenen Beobachtungen nicht über 3 angewachsen, die ich aber auch als vollkommen sicher bezeichnen kann.

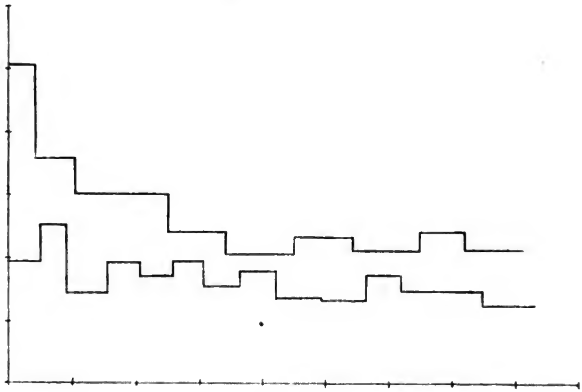
	Arteria Carotis.			Arteria Cruralis.			
Nr. d. Kugeln.	Stromvolum in der Sec.	Mittlere Geschwindigkt. in der Sec.	Blutdruck in Mm. Hg. vor der Uhr.	Stromvolum in d. Secunde.	Mittlere Geschwindigkt. in d. Secunde.	Druck in Mm. Hg. vor d. Uhr.	Bemerkungen.
	Ccm.	Mm.					Hund mit Morphium vergiftet. Kpg. 6,0 Kilo. Durchm. d. A. Carotis 3,0 Mm., d. A. cruralis 2,5 Mm.
1	0,74	151	—	0,16	33	—	
2	0,63	129	—				
3	0,63	128	—				
4	0,66	134	—				
1	3,08	194	108,6	3,59	508	111,4	Hund mit Morphium vergiftet, Kpg. 21,9 Kilo. Durchm. d. A. carotis 4,5 Mm., A. cruralis 3,0 Mm.
2	4,17	262	109,4	2,55	361	119,8	
3	2,29	144	116,4	2,17	306	120,2	
4	3,12	196	114,0	1,84	261	122,6	
5	2,70	170	123,0	1,72	243	120,2	
6	3,12	196	117,2	1,46	206	119,4	
7	2,58	158	117,6	1,63	230	118,2	
8	2,85	179	115,6	1,50	212	118,4	
9	2,16	136	114,8	1,72	243	119,8	
10	2,07	130	113,4	1,60	226	120,8	
11	2,76	174	114,0				
12	2,33	147	115,2				
13	2,29	144	113,0				
14	1,98	124	115,0				

Nummer der Kugeln.	Arteria Carotis. Stromvolum in 1 Secunde.	Mittlere Geschwindigkt. in 1 Secunde.	Blutdruck in Mm. Hg. vor der Uhr.	Arteria Cruralis. Stromvolum in 1 Secunde.	Mittlere Geschwindigkeit in 1 Secunde.	Blutdruck in Mm. Hg. vor der Uhr.	Bemerkungen.
1	2,07	215	90,6				Hund.
2	2,08	217	90,6				Kpg. 10,64 Kilo. Durchmesser der Arteria Carotis 3,5 Mm., d. Cruralis 2,5 Mm.
3	2,96	308	89,6				
4	3,10	323	89,2	0,43	44	98,8	
5	3,43	357	87,0				
6	2,82	293	90,2				
7	3,08	320	88,0				
8	2,17	326	87,0				
9	2,29	238	83,4	0,73	76	94,0	
10	2,17	226	84,8				Diese Zahlen für die Art. Cruralis etwas zu gross, da die Kugel nicht ganz gefüllt war.
11	1,78	183	82,8				
12	1,90	198	85,2	0,48	98	—	
13	2,01	209	85				
14	1,75	181	84,6				

Aus diesen Beobachtungen geht zur Genüge hervor, dass weder bei verschiedenen Thieren, noch auch bei einem und demselben eine feste Proportion zwischen den Blutmengen besteht, welche durch die beiden Gefässe abfliessen; dieses leuchtet ein eben sowohl wenn man die Stromvolumina oder die mittleren Geschwindigkeiten beider Gefässe mit einander vergleicht. So ist im ersten und dritten der Versuche die mittlere Geschwindigkeit in der Carotis um das 4—5fache grösser als in der Arteria Cruralis; im zweiten Versuche ist umgekehrt die Geschwindigkeit in der Cruralis um das 2—4fache grösser als in der Carotis. Was aber besonders wichtig: es steigen und fallen in ein und demselben Versuch die Zahlen ganz unabhängig von einander. Um dieses Verhalten noch deutlicher zu versinnlichen, habe ich aus dem 2. Versuch die beistehenden Curven Fig. 11 construirt, in welchen die mittleren, aus je einer Kugel abgeleiteten Geschwindigkeiten als Ordinaten über die Abscisse der Zeit aufgetragen wurden.

Diese Erfahrungen werden im Allgemeinen den nicht überraschen, welcher sich öfters mit dem Verhalten der Gefässnerven beschäftigt hat. In der That bieten sich so viele Ursachen, aus denen bald hier bald dort sich die Gefässe verengern oder erweitern, dass es schon darum längst gewiss war, es könne unmöglich für längere Zeit ein unveränderliches Verhält-

Fig. 11.



niss der Stromgeschwindigkeit in den verschiedenen Arterien bestehen. Trotz dieser Voraussicht sind die neuen Erfahrungen in ihren Einzelheiten merkwürdig, da man nach den bisherigen Erfahrungen über die Wirkungen der Gefässnerven einen so raschen und beträchtlichen Wechsel des Stroms in den vollkommen ruhigen Gliedmassen nicht erwarten konnte.

Den Aufschlüssen gemäss, welche uns bis hierher die Stromuhr gegeben, können die Schwankungen der Geschwindigkeit nicht abhängen von der Schlagfolge des Herzens und dem Blutdruck; und ferner, die Blutmengen, welche gleichzeitig aus der Aorta durch verschiedene ihrer Zweige abfliessen, müssen nicht nothwendig in einem bestimmten Verhältniss zu einander stehn. Daraus folgt, wie mir scheint, unwiderleglich, dass mindestens in zahlreichen Fällen die Schwankungen der Geschwindigkeit in den Aortenzweigen unabhängig sind von einer gleichzeitigen und gleichgerichteten Veränderung der Kräfte, welche an der Wurzel der Aorta für die Einleitung und Unterhaltung des Blutstroms verfügbar sind. Sind nun aber die treibenden Kräfte für die veränderliche Geschwindigkeit im Theilstrom nicht verantwortlich, so können es nur die Widerstände sein, welche in den Verzweigungen bestehn.

Bei der Aufmerksamkeit, welche gegenwärtig die Gefässnerven und insbesondere die n. sympathici erregt haben, war es begreiflich, dass ich beim Suchen nach Widerstandsursachen mit der Bestimmung des Einflusses jener Nerven den Anfang machte; um so mehr als durch die Untersuchungen von *Schiff* längst bekannt war, dass durch die Arterien des Kaninchenohrs in Folge einer unstetigen automatischen Erregung die sympathischen Nerven an- und abschwellen. Darum schritt ich auch sogleich dazu, die Stromuhr in die Carotis einzusetzen, nachdem ich den Grenzstrang des Halses durchschnitten hatte. Ich gebe zunächst die Beobachtungen von 4 verschiedenen Hunden wieder.

Nr. der Kugeln.	Stromvolum in 1 Secunde in Ccm.	Mittlere Geschwindigkt. in 1 Sec. u. Mm.	Bemerkungen.
1	0,18	102	Hund.
2	0,11	62	Kpg. 2,6 Kilo. Mit Morphium vergiftet. Durchm. d. Car. 1,5 Mm.
4	0,11	62	
5	0,09	49	
1	1,36	359	Hund.
2	1,36	359	Kpg. 3,33 Kilo. Durchm. d. Car. 2,2 Mm.
4	1,14	303	
5	1,14	303	
6	1,07	282	
7	0,57	152	
9	0,43	113	
10	1,00	263	
12	0,48	131	
13	0,83	219	
1	1,00	205	Hund.
3	1,88	382	Kpg. 3,53 Kilo. Durchm. d. A. Car. 2,5 Mm.
4	1,36	177	
5	0,48	98	
1	1,67	339	Hund.
2	1,25	255	Kpg. 3,57 Kilo. Durchm. d. Car. 2,5 Mm.
3	1,00	204	
4	1,67	240	

Gestützt auf diese Beobachtungen darf man behaupten, dass auch nach Durchschneidung des gleichseitigen Sympathicus die Strömung in der A. carotis keine Gleichmässigkeit erlangt.

In jedem der Beobachtungsthiere zeigt sich das Stromvolum noch veränderlich, und in einzelnen Fällen so bedeutend, dass man zweifelhaft sein kann, ob die Schwankungen bei unversehrtem n. sympathicus grösser hätten ausfallen können.

Aehnliche Versuche, wie an der Carotis des Hundes, habe ich an der des Kaninchens, wenn auch weniger zahlreich, angestellt; ich beschränke mich darauf die gelungenste Reihe von Kugeldrehungen vorzulegen. Bevor die n. sympathici durchschnitten waren, gaben drei aufeinanderfolgende Kugeldrehungen Stromvolumina von 0,25, 0,28, 0,022 Cbc. in der Secunde. — Darauf wurde der Nerv durchschnitten und gereizt. Nachdem die Reizung beendet und einige Zeit verstrichen war, wurden nun an dem nicht weiter veränderten Thier die Stromvolumina aufgesucht. Sie ergaben sich aus drei Kugeln hintereinander zu 0,66, dann in *fünfundzwanzig Kugeln* hintereinander zu hierauf aus zwei Kugeln zu 0,40 und darauf aus drei Kugeln 0,50, wieder zu 0,50. An diesem Thier zeigte also der Strom eine ungewöhnliche Gleichmässigkeit, die man, wie ich glaube, ohne Bedenken der Durchschneidung des Nerven wird zuschreiben dürfen.

Aber auch der carotische Strom des Hundes empfängt nach der Durchschneidung des sympathischen Halsstammes ein anderes Gepräge, insofern als er seine Geschwindigkeit nun inniger als vor derselben dem mittlern Blutdruck anpasst. Dieses tritt deutlich hervor in den beiden nachstehend mitgetheilten Fällen. In beiden war auf der untersuchten Seite der n. vago-sympathicus durchschnitten und in beiden wurde vorübergehend der mittlere Blutdruck durch Compression der Aorta abdominalis oberhalb der Nieren erhöht. Die Pressung der Aorta geschah mit dem Zeigefinger, der durch eine für ihn gerade passende Oeffnung in den Bauchdecken hindurchgeführt wurde, und während der ganzen Beobachtung in der Unterleibshöhle und zwar in der Nähe der Aorta liegen blieb. Bemerkenswerther Weise prägten sich nun in der Curve der Geschwindigkeit die Bewegungen, welche der Finger ausführte ohne die Aorta zu comprimiren, lebhafter aus als in der des Drucks; so dass während der mechanischen Reizung der Unterleibseingeweide die Geschwindigkeit in der Carotis viel bedeutender anwuchs als der Druck.

Nummer der Kugeln.	Stromvolum in 1 Secunde in Cbc.	Mittlere Geschwindigkeit in Mm. u. Sec	Mittlerer Blutdruck in Mm. Hg.	Bemerkungen.
1	0,78	247	127	Hund, Körpergewicht 3,69 Kilo, diam. art. carot. 2 Mm., nerv. vago-sympathicus durchschnitten.
2	1,00	318	128	
3	1,07	340	125	
4	1,02	324	132	

Pause, in welcher das Thier durch Einspritzung von R. opii narkotisirt wird.

5	0,26	82	83	
6	0,20	63	74	
7	0,19	61	82	

Kleine Oeffnung in die Bauchwand.

8	0,79	250	85	Bewegungen des eingeführten Fingers behufs der Aufsuchung der passenden Aortenstelle.
9	1,13	355	86	
10	1,00	318	77	
11	0,65	207	78	
12	0,63	200	82	
13	0,56	179	81	
14	0,49	157	80	
15	0,53	170	88	
16	0,80	253	109	Zusammenpressen der Aorta.
17	0,86	275	115	
18	0,91	291	117	
19	1,13	359	120	
20	1,13	359	132	
21	0,52	166	76	Plötzlicher Nachlass der Compression.
22	0,81	257	91	
23	0,86	275	95	
24	0,90	286	103	
25	0,75	238	104	
26	0,73	231	109	
27	0,65	212	101	

1	0,50	103	93	Hund, Kpg. von 3,40 Kilo, n. vago-sympathic. durchschn., Durchm. d. A. car. 2,5 Mm. Mit R. opii narkotisirt.
2	0,44	89	98	

Ein Schlitz in die Bauchhöhle, der Finger eingeführt.

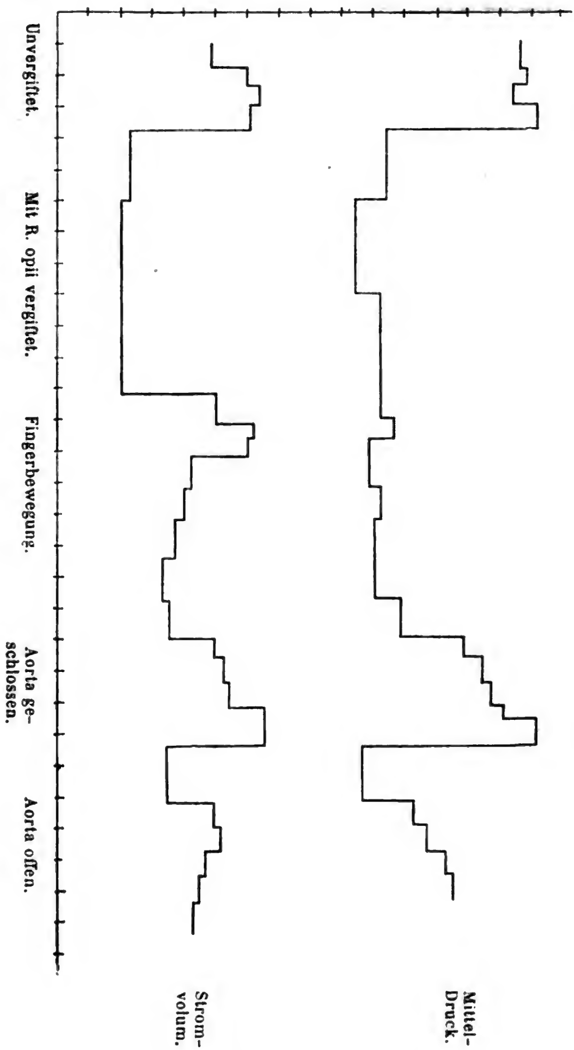
3	1,24	253	144	Aorta comprimirt.
4	1,66	338	155	
5	1,13	230	174	
6	0,74	151	145	
7	0,78	158	156	
8	0,86	176	160	Bewegungen des eingeführten Fingers.
9	0,61	124	160	
10	0,52	105	[illegible]	
11	0,48	97	156	

Nummer der Kugeln.	Stromvolum in 1 Secunde in Cbc.	Mittlere Geschwindigk. in Mm. u. Sec.	Mittlerer Blutdruck in Mm. Hg.	Bemerkungen.
Pause, in welcher noch eine neue Quantität Opiumtinctur eingespritzt ward.				
12	0,86	175	111	Bewegung des Fingers zur Aufsuchung der Aorta.
13	1,24	253	115	
14	0,95	195	115	
15	1,09	222	118	Compression der Aorta.
16	1,09	222	132	
17	1,77	361	157	
18	2,00	407	133	Nachlass der Compression.
19	0,71	144	131	

Nach Anleitung der Zahlen ist von der erstern der beiden zuletzt vorgeführten Beobachtungen die Curve des Drucks und der Stromvolumina construirt worden (Fig. 12 umstehend).

Die Strömung in der A. carotis bewahrte also trotz der Durchschneidung des n. sympathicus noch einen grossen Theil der Unregelmässigkeiten, welche sich unabhängig von dem variablen Blutdrucke einstellen.

Dieses beweist noch nicht, dass die Ungleichheiten der Geschwindigkeit ohne Zuthun nervöser Einflüsse zu Stande kommen. Für die Mitwirkung der Nerven kann man vor Allem die Thatsache anrufen, dass in der Bahn des Grenzstrangs nicht einmal die sämmtlichen Verengerungsnerven der Kopfarterien laufen. Alle Beobachter die sich mit dem Gegenstand beschäftigt haben stimmen darin überein. Einen weiteren Beweis für die Richtigkeit dieser Behauptung liefert die Aichung des Blutstroms in der Carotis während einer bestehenden Reizung des sympathischen Grenzstrangs. Wären die Muskeln aller Carotidenzweige dem Sympathicus unterthan, so müsste während einer energischen Reizung desselben der Abfluss des Blutes aus der Carotis in die Capillaren vollkommen aufhören. Dieses ist, wie die nachstehenden Versuche zeigen, durchaus nicht der Fall. Während der Reizung des Sympathicus vermindert sich zwar die Strömung, aber sie hört nicht auf.


Unvergiftet.
Mit R. opii vergiftet.
Fingerbewegung.
Aorta geschlossen.
Aorta offen.
Strom-volum.
Mittel-Druck.

Nummer der Kugeln.	Stromvolum in 1 Secunde in Cbc.	Mittlere Geschwindigk. in 1 Sec. u. Mm.	Reizungszustand des sympath. Nerven.	Bemerkungen.
1	0,08	46	während	Kaninchen, Kpg. 1,58 Kilo, Durchm. d. A. car. 1,5 Mm.
2	0,10	56	ohne	
3	0,17	94		
1	0,25	141	ohne	Kaninchen, Kpg. 1,53 Kilo, Durchm. d. A. car. 1,5 Mm.
2	0,11	63	während	
3	0,12	94	ohne	
4	0,25	141		
5	0,09	49	während	
6	0,17	94	ohne	
7	0,66	376		
1	0,66	376	ohne	Kaninchen, Kpg. 1,39 Kilo, Durchm. d. A. car. 1,5 Mm.
2	0,33	188	Zerrung d. Nerven?	
3	0,12	66	während	
4	0,11	63	ohne	
1	1,00	566	ohne	Kaninchen, Kpg. 1,57 Kilo, Durchm. d. A. car. 1,5 Mm.
2	1,00	566		
3	0,66	376	während	
4	0,13	75	ohne	
5	0,15	86		
6	0,22	125		

Die Erscheinungen, welche hier die Aichung des Blutstroms darbietet, spiegeln sehr schön das wieder was man bei der Betrachtung der Gefässe von aussen während der Nervenreizung sieht. Insbesondere tritt die längere Nachwirkung des Reizes sehr deutlich hervor und eben so auch einmal der Umstand, dass der Strom einige Zeit nach der Beendigung des Reizes mächtiger wird als er vor ihm gewesen.

Ausser den Nerven welche die Gefässe verengern kennen wir auch andere, bei deren Erregung die Arterien sich über den Umfang hinaus erweitern, der ihnen nach der Zerschneidung des Nervus sympathicus zukommt. Da diese Nerven aber niemals in der Bahn des Sympathicus laufen, so kann ihre Erregung ganz unabhängig von der Durchschneidung des letzten Nerven eintreten.

Also ist von Seite der Gefässnerven noch mannigfache Gelegenheit zur Veränderlichkeit des Stromes gegeben; dazu kommen nun noch möglicher Weise die Bewegungen, welche

von *Gunning* an Gefässen beobachtet wurden, deren Nerven längere Zeit vorher durchschnitten waren, Bewegungen, die möglicher Weise von irgend welchen Eigenschaften des durchströmenden Blutes angeregt werden.

Ausser diesen von erregbaren Elementen der Blutbahn abhängigen Widerstandsänderungen giebt es aber offenbar auch noch andere die in dem durchströmenden Gebiete selbst eintreten. Hierher zählen zunächst diejenigen, welche von den Eigenschaften des strömenden Blutes, insbesondere aber seiner Körperchen abhängen. Ohne eine solche Annahme würde es unmöglich sein die Erscheinung zu erklären, welche ich, wie früher erwähnt, in steifen Röhren, noch ausgeprägter aber an dem mit künstlichen Mitteln durch die Nieren geleiteten Blutstrom gesehen habe. Das Blut, welches ich zu diesen Versuchen benutzte, wurde durch einen grossen bis zur Verblutung führenden Aderlass dem Hunde entzogen, defibrinirt, durch dichtes Leinen filtrirt und zur Seite gestellt. Indess nahm ich aus dem todten Hunde eine der sehr blassen also nahezu blutleeren Nieren sorgfältig heraus und hob sie unter einer Glasglocke mindestens 12 Stunden lang auf, so dass ich mit Sicherheit auf das vollkommene Erlöschen der Reizbarkeit in den Gefässen rechnen konnte. In die Arterie und Vene der Niere setzte ich je eine entsprechend weite Glascanüle, und unterband aufs sorgfältigste alle die Gefässe in der Nierenumgebung, welche zu einer Blutung Veranlassung hätten geben können. Dieses war, wie sich später zeigte, mit dem besten Erfolge geschehen. Darauf setzte ich mit Ausschluss aller Luftblasen das defibrinirte Blut vor die Arterie und leitete es unter einem genau constant erhaltenen Quecksilberdruck durch dieselbe, während ich das Blut öfter umschüttelte. Das Blut welches aus der Vene hervor kam fing ich während einer durch die Secundenuhr bestimmten Zeit auf, so dass die während einer Secunde ausgeflossene Blutmasse genau zu ermitteln war; bei 2 auf gleiche Weise angestellten Versuchen ergaben sich die mitgetheilten Werthe.

Hundeniere 43 Gr. schwer. Unter einem Quecksilberdruck von 90 Mm. flossen als Mittel aus je 3 Minuten der Reihe nach für die Minute ab in Cbc. = 6,0 — 14,3 — 11,0 — 9,6 — 8,3. — Und als der Druck auf 200 Mm. erhöht wurde der Reihe nach 70 und 54 Cbc.

Grosse Hundeniere; wegen Blutung aus dem ersten Theilungswinkel der Arterie nur 1 Ast eingebunden. Bei einem Druck von 200 Mm. Hg. flossen wie oben der Reihe nach für die Minute berechnet ab = 8,00 — 4,75 — 3,50 — 2,75 — 3,00 — 3,25 — 4,00 Cbc.

Sichtlich tritt nun aber bei der künstlichen Strömung durch die Niere ausser den Hindernissen, die nach den Angaben der glatten Messingröhren durch die Ungleichartigkeit des strömenden Blutes bedingt sind, noch etwas anderes hinzu, woraus sich die Veränderlichkeit der fliessenden Masse erklärt. Die Niere schwillt wenn der Druck und somit der Strom vermehrt wird an, und nach Beendigung des Versuchs findet man öfter die Kapsel ödematös und die Lymphgefässe welche aus dem Hilus treten prall angefüllt. Diese Transsudationen müssen offenbar innerhalb des von der Kapsel umschlossenen Raumes eine Rückwirkung auf den Durchmesser der Capillaren üben, der sich deutlich darin ausspricht, dass bei Anwendung eines hohen Drucks die ursprünglich rasche Strömung alsbald sich bedeutend mindert. — Demnächst zu veröffentlichende, im hiesigen Laboratorium angestellte Versuche werden über die Aenderungen der Geschwindigkeit künstlicher Ströme noch weitern Aufschluss gewähren.

Bis dahin war nur von den Ursachen der veränderlichen Geschwindigkeit die Rede, welche innerhalb der untersuchten Strombahn selbst gelegen sind. Offenbar macht sich aber auch der Widerstand, der in andern Bahnen eintritt, in der untersuchten geltend. Hierfür sahen wir schon ein Beispiel in den Fällen, in welchen die Unterleibseingeweide mechanisch gereizt oder gar die Aorta zugehalten wurde. Andere gedenke ich nun vorzuführen.

Ich beginne mit der Besprechung der Veränderungen, welche in dem Strom der geaichten Carotis eintreten, wenn die der andern Seite verschlossen ist. Diesen Versuch hat schon *Lortet* mit dem Strompendel am Pferd ausgeführt und dabei das Resultat erhalten, dass die Geschwindigkeit in einer Carotis während der Unterbindung der anderseitigen beträchtlich erhöht werde. Mit diesen an dem Pferd gewonnenen Erfahrungen stimmt dasjenige nicht was ich an Hunden und Kaninchen gefunden.

Nummer d. Kugeln.	Während die A. carot. d. andern Seite offen war.		Währ. d. A. car. der andern Seite verschloss. war.		Bemerkungen.
	Stromvolum in 1 Secunde in Cbc.	Mittlere Geschwindigk. in 1 Sec. u. Mm.	Stromvolum in 1 Secunde u. Cbc.	Mittlere Geschwindigk. in 1 Sec. u. Mm.	
1	0,11	62	—	—	Hund, Kpg. 2,6 Kilo, Durchm. d. A. car. 1,5 Mm., mit Morphium vergiftet, N. vagosympathicus durchschnitten.
2	—	—	0,17	97	
3	0,11	62	—	—	
4	0,09	49	—	—	
5	—	—	0,06	36	
6	0,05	27	—	—	
1	1,36	359	—	—	Hund, Kpg. 3,53 Kilo, Durchm. d. A. car. 2,2 Mm., N. vagosympathicus durchschn.
2	—	—	1,0	263	
3	1,14	303	—	—	
4	1,07	282	—	—	
5	0,57	152	—	—	
6	—	—	0,48	128	
7	0,43	113	—	—	Mit Morphium narkotisirt. (5–10)
8	1,00	263	—	—	
9	—	—	0,94	247	
10	0,48	131	—	—	
11	0,83	219	—	—	
1	1,00	205	—	—	Hund, Kpg. 3,53 Kilo, Durchm. d. A. carot. 2,5 Mm., N. vagosympathicus durchschnitten.
2	—	—	1,50	305	
3	1,88	382	—	—	
4	1,36	277	—	—	
5	0,48	98	—	—	
6	—	—	0,31	64	
7	0,29	59	—	—	
1	1,67	339	—	—	Hund, Kpg. 3,57 Kilo, Durchm. d. A. car. 2,5 Mm.
2	1,25	255	—	—	
3	1,00	204	—	—	
4	1,67	340	—	—	Starke Athembewegungen.
5	—	—	1,07	218	
6	—	—	0,63	127	
7	—	—	0,47	97	
1	0,69	411	—	—	Hund, Kpg. 3,17 Kilo, Durchm. d. A. car. 1,5 Mm., mit Morphium vergiftet.
2	0,77	458	—	—	
3	0,72	430	—	—	
4	—	—	0,67	398	
5	—	—	0,60	359	Unregelmässige Pulse. (4–6)
6	—	—	0,48	386	
7	0,37	219	—	—	
8	0,35	210	—	—	

Nummer d. Kugeln.	Während die A. carot. d. andern Seite offen war.		Währ. d. A. car. der andern Seite verschloss. war.		Bemerkungen.
	Stromvolum in 1 Secunde in Cbc.	Mittlere Geschwindigk. in 1 Sec. u. Mm.	Stromvolum in 1 Secunde in Cbc.	Mittlere Geschwindigk. in 1 Sec u. Mm.	
1	0,5	284	—	—	Kaninchen, Körperg. 1530 Gr. Durchm. d. A. car. 1,5 Mm.
2	0,2	113	—	—	
3	0,1	56	—	—	Apparat gewechselt.
4	—	—	0,50	284	
5	—	—	0,29	161	
6	—	—	0,08	45	
7	—	—	0,06	35	
8	0,40	227	—	—	Apparat gewechselt.
9	0,13	75	—	—	
10	0,09	53	—	—	

Danach scheint es als ob die Stromgebiete der beiden Carotiden wesentlich von einander unabhängig seien. Diese Unabhängigkeit braucht jedoch nicht immer vorhanden zu sein entsprechend den zahlreichen Abweichungen in dem Bau der Gefässe. — Eine ähnliche Auskunft, wie die welche die Geschwindigkeitsbeobachtungen geben, lieferten bekanntlich auch die Versuche über den mittleren Blutdruck in der A. carotis, wenn dieselben entsprechend angeordnet wurden.

Der Versuch an der Kaninchencarotis auf der vorstehenden Seite verdient darum einige Aufmerksamkeit, weil sich an ihm eine früher erwähnte Erscheinung sehr auffallend ausprägt, die nämlich, dass nach dem jedesmaligen Einsatz eines frischen Apparates die Geschwindigkeit eine grosse ist und mit den folgenden Kugeln rasch abnimmt. Dieses trat hier in ganz gleicher Weise ein, mochte die anderseitige Carotis offen oder unterbunden sein.

Nach den Angaben des Manometers wirkt viel eingreifender als die Unterbindung einer A. carotis die Reizung des n. splanchnicus und des n. depressor auf die Vertheilung des Blutes. Die Stromuhr bestätigt und erweitert die manometrischen Erfahrungen.

Nr. der Kugeln.	Ohne Reizung des N. depressor			Während Reizung des N. depressor.			Bemerkungen.
	Stromvolum in 1 Secunde in Cbc.	Mittlere Geschwindigk. Sec. u. Mm.	Mittlerer Blutdruck in Mm. Hg.	Stromvolum in 1 Secunde in Cbc.	Mittlere Geschwindigk. Sec. u. Mm.	Mittlerer Blutdruck in Mm. Hg.	
1	0,051	29	92	—	—	—	Kaninchen, Kpg. 1,53 Kilo,
2	—	—	—	0,003	2	35	Durchm. der A. car. 1,5 Mm., mit Curare vergift.
1	0,23	129	89	—	—	—	Kaninchen, Kpg. 1,54 Kilo,
2	—	—	—	0,08	46	73	Durchmesser d. A. carot.
3	0,04	21	82—94	—	—	—	1,5 Mm.
4	0 07	42	119	—	—	—	
5	0.09	53	98	—	—	--	
6	—	—	—	0,06	35	?	Schwache Reizung.
7	—	—	--	0,03	16	63	Stärkere Reizung.
	Ohne Reizung des N. splanchnicus.			Während Reizung des N. splanchnicus.			
1	0,63	202	64	—	—	—	Hund, Körperg. 2,80 Kilo,
2	0,36	113	54	—	—	—	Durchmesser der A car.
3	0 42	132	56	—	—	—	2 Mm., mit Curare vergiftet,
4	—	—	—	0,84	268	65	N. vago-sympathicus
5	—	—	—	0,97	309	101	durchschnitten.
6	--	—	--	0,77	245	105	
7	0,38	121	99	—	—	--	
8	0,43	137	98	—	—	—	

Die Reizung dieser beiden Nerven bringt also eben so rasche als ausserordentliche Wirkungen auf den carotischen Strom hervor. Da nicht einzusehen ist, warum und wie diese Reizungen das eben genannte Strombett ausweiten oder beengen sollten, so können die Schwankungen der Stromvolumina nur durch die Ein- oder Ausschaltung von Hindernissen in die intestinalen Gefässbahnen erklärt werden. Die Bedeutung, welche diese letztern für die Vertheilung des Blutes gewinnen, tritt durch diese Versuche so sehr in das Licht, dass man wohl ungescheut aussprechen darf es liege in der Hand der Unterleibsgefässe wieviel Blut den übrigen Organen und Körpertheilen zufliessen solle. Danach ist vorauszusehn, dass der Strom in den Kopfgefässen ein unregelmässiger sein kann, wenn auch die irritabeln und nicht irritabeln Widerstandsursachen in

diesen Bahnen selbst unverändert bleiben, dagegen aber der Erregungsgrad der Gefässmuskeln im Unterleibe stärker und schwächer wird.

Wenn wir schliesslich die Resultate der vorliegenden Untersuchung zusammenfassen, so kommen wir, wie es scheint, nicht bloss zu Anschauungen über den Blutstrom welche die bisherigen berichtigen oder ergänzen, sondern es eröffnen sich uns auch ganz neue Aussichten.

Die Werke, welche sich ausführlicher über die mittlere Geschwindigkeit des arteriellen Stroms verbreiten, gehen durchweg von dem Grundsatze aus, dass proportional mit dem mittleren Blutdruck die mittlere Geschwindigkeit in der Aorta und ihren Zweigen wachse, was anerkanntermassen zu der Folgerung führt, dass das Verhältniss zwischen der Mächtigkeit der verschiedenen Stromarme, die aus der Aorta hervorgehen, für jeden gegebenen Druck ein unveränderliches sei. Diese Vordersätze schienen durch bekannte hydraulische Regeln so gut begründet zu sein, dass man keinen Anstand nahm, ganz bestimmte Verhältnisszahlen für die Stromgeschwindigkeit in den einzelnen Hauptästen aufzustellen, und hieraus umgekehrt wieder auf die Masse des Blutes zurück zu schliessen, welche aus dem Herzen hervorging. Streit bestand nur über den wahren Werth dieser Constanten.

Der Glaube an die Richtigkeit dieser Annahmen ward zuerst erschüttert durch die grössere Reihe von Versuchen mit Reizung und Durchschneidung der Gefässnerven, welche in dem letzten Jahrzehnt von *Cl. Bernard*. *Schiff*, *Snellen*, *C. Ludwig*, *Eckhard*, *Thiry*, *Lovén* u. A. ausgeführt wurden. Diese Arbeiten legten dar, dass die Muskeln der kleinen Arterien nicht bloss eine bedeutungsvollere Rolle bei der Vertheilung des Blutes übernehmen können, als man bis dahin vorgesehen, sondern dass sie dieses auch viel häufiger thun, als man jemals vorher glaubte, wie dieses denn namentlich der Fall sei bei der Temperaturänderung des Blutes, bei der Reizung sensibler Nerven, insbesondere des Herzens, bei der Erregung der Muskeln und der Drüsen, bei der Erection des Schwellgewebes u. s. w.

Aus diesen Erfahrungen musste, was denn auch geschah, geschlossen werden, dass die Werthe der Stromgeschwindig-

keit in den verschiedenen Aortenzweigen keinenfalls in unveränderlichen Verhältnissen zu einander stehn könnten, und damit war schon die Gültigkeit der gangbaren Annahmen über den Blutstrom auf ganz bestimmte Zustände des Körpers, wie z. B. den des Schlafes eingeschränkt, in welchen die Temperatur unveränderlich bleibt und zugleich die Erregung der reizbaren Gebilde ausgeschlossen ist, die oben aufgezählt wurden. — Wenn ich nicht irre, so zeigt die vorliegende Untersuchung, dass auch noch hierüber hinaus die ältere Ansicht eingeschränkt werden müsse. —

Die von mir mitgetheilten Beobachtungen thaten nämlich dar, dass die Geschwindigkeit des Blutes in einem und demselben Arterienstamm grossen und rasch wechselnden Veränderungen unterworfen ist, trotzdem dass die Schlagfolge des Herzens und der mittlere Blutdruck immer gleich geblieben waren. Weiterhin ergab sich, dass die Stromgeschwindigkeiten, welche in zwei gleichzeitig beobachteten Arterien bestanden, ganz unabhängig sowohl von einander, als auch unabhängig von dem gerade vorhandenen Blutdruck auf und ab schwankten, so dass bei ein und demselben Blutdruck die Geschwindigkeit in beiden Bahnen sowohl nach derselben, als auch nach entgegengesetzten Richtungen wachsen konnte.

Zur Erklärung dieses Verhaltens hätte nun vielleicht das dienen können, was wir bis jetzt aus den Versuchen über die Functionen der Gefässnerven erfahren hatten. Durch sie war dargethan, dass die Widerstände in den einzelnen Organen unabhängig von einander wachsen und fallen, so dass ein Zweigstrom nicht bloss durch Erniedrigung der Hemmungen auf seiner eignen Bahn, sondern auch durch die Erhöhung der Widerstände anderer näher oder ferner liegender Stromarme der Aorta an Geschwindigkeit zunehmen konnte.

Damit jedoch diese Prinzipien zur Erklärung des lebendigen Blutstroms ausreichten, musste man von ihnen in viel weiterem Umfang Gebrauch machen, als es nach unsern gegenwärtigen Erfahrungen über die Erregungen der Vasomotoren zulässig erscheint. Meine Beobachtungen zeigen nämlich, dass auch in einer A. carotis, deren zugehörige sympathische Zweige gelähmt sind, und selbst in den Gefässen eines Thieres, das im Opiumschlafe liegt, die Veränderlichkeit der Stromgeschwindig-

keit nicht ausbleibt. Man hätte sich demnach vorzustellen, dass neben den bekannten noch viele bis dahin unbekannte fort und fort wirkende Ursachen den Erregungsgrad der Gefässnerven veränderlich machen.

Aber wie weit man auch die zeitlichen Aenderungen der Reizbarkeit zur Erklärung herbeiziehen will, so wird man doch nicht damit ausreichen. Denn es fand sich, dass selbst durch ein todtes, seiner Reizbarkeit vollkommen beraubtes Organ der Strom in Schwankungen gerieth, der durch einen constanten Druck eingeleitet wurde. Die veränderlichen Geschwindigkeiten, die unter diesen Umständen auftraten, konnten der Natur der Sache nach entweder nur durch die ungleiche Beschaffenheit der strömenden Scheiben und Zellen, oder in dem variablen Spannungsgrad der Gewebselemente begründet sein, zwischen denen die Capillaren verlaufen. — Damit ist denn ausgedrückt, dass es weder dem Blutdruck allein, noch ihm in seiner Verbindung mit den Gefässnerven überlassen bleibt, wie sich der Aorteninhalt auf die einzelnen Bahnen vertheilen soll, sondern dass sich in diesen Act noch viele andere, durch keinen innern Zusammenhang verknüpfte Vorkommnisse innerhalb der einzelnen Bahnen einmengen.

Wenn an die Stelle eines einheitlichen Regulators, wie die des Blutdrucks, die unregelmässig veränderlichen Zustände vieler einzelner gegenseitig unabhängiger Bahnen treten, so sollte man erwarten, dass in dem Aortenstrom die Unregelmässigkeiten an der Tagesordnung wären. Dieses widerspricht aber bekannten, seit lange über den Blutdruck und seine Constanz gesammelten Erfahrungen. Der mittlere Blutdruck kann aber natürlich nur dann constant bleiben, wenn dieses auch mit dem Zu- und dem Abfluss zu und von der Aorta der Fall ist. Da ich von Neuem die alte Beobachtung bestätigte, dass der Blutdruck oft lange constant bleibt, und da ich diese Eigenschaft an ihm bemerkte, trotzdem dass indess die Ströme in der Carotis und der Cruralis bedeutende Schwankngen ihrer Geschwindigkeiten darboten, so bleibt nur die Annahme übrig, dass der Ausfall oder der Zuwachs in diesen Gefässen durch das gerade Entgegengesetzte in andern ausgeglichen worden sei. Und da kein Grund vorliegt, den untersuchten Arterien einen Vorzug vor allen übrigen einzuräumen, so wird man gezwungen sein, das gleiche Verhalten auch auf die übrigen Gefässbahnen zu

übertragen. Dieses würde heissen, dass zwar fort und fort in jeder Zweigbahn der Aorta die Geschwindigkeit schwankt, dass aber in dem Augenblick, wo in einer Summe von Bahnen die Geschwindigkeit abnimmt, sie in einer andern Summe derselben entsprechend zunähme, damit, wie es der constante Blutdruck verlangt, das Gleichgewicht zwischen Zu- und Abfluss erhalten bliebe. Statt dass wir also, wie bisher, dem Blutdruck die Regulation des Stroms überwiesen, müssten wir diese durch eine höchst künstliche Steuerung zwischen vielen einzelnen Stücken geschehen lassen. —

Diese Aussicht, die sich hiemit eröffnet, ist zu fremdartig, als dass sie uns nicht veranlassen sollte, noch nach weitern Beweisen für den unterstellten Vorgang zu suchen, als die, welche uns durch ein Verfahren geliefert werden, das doch im besten Falle den Strom nur auf die Dauer von wenigen Minuten mit Sicherheit misst.

Indem man sich nach solchen umsieht, bietet sich zunächst die Thatsache dar, dass innerhalb des Organismus jedem einzelnen Körpertheil ein gewissermaassen selbstständiges, in bestimmten Grenzen von andern unabhängiges Leben gesichert ist. Dieses gilt bekanntlich vorzugsweise für ihren Blutreichthum; die Thatsache, dass bald dieses und bald jenes Organ vorzugsweise blutreich ist, ist zu bekannt, als dass es nothwendig wäre, Beispiele vorzuführen. Diese Erscheinung würde unerklärlich sein, wenn die einzelnen Gefässbahnen nur in Folge des erhöhten Drucks in der Aorta reichlicher gespeist werden könnten; sie ist dagegen leicht begreiflich unter der Voraussetzung, dass die verschiedenen Zweige aus dem Vorrath des Aortenblutes in dem Maasse mehr schöpfen, als der Widerstand, den sie dem Strom entgegensetzen, verringert wird.

Was hier durch die Erfahrung unmittelbar bewiesen wird, stellt sich von andern Gesichtspunkten aus auch als eine Nothwendigkeit dar. Die Blutmenge, welche das Gefässsystem beherbergt, ist bekanntlich weitaus nicht hinreichend, um den gesammten Binnenraum der Gefässe so weit zu erfüllen, dass ihre Wand auch einen nur mässigen Spannungsgrad erreichen könnte. Hierfür spricht in erster Linie, dass ein grosser Theil der Gefässe, insbesondere aber der Capillaren aller Organe, solange ganz oder nahezu leer ist, als das betreffende Organ nicht von

Congestionen befallen wurde. Diese partielle Füllung wird nicht allein durch die mikroskopische Untersuchung, soweit sie ausführbar, dargethan, sondern noch mehr und allgemeiner durch die Vergleichung der Körperstücke bei normaler und vollkommen gelungener künstlicher Füllung. — Das Missverhältniss zwischen der Blutmenge und dem Umfang des Binnenraums der Gefässe wird ferner in unverfänglichster Weise dargethan durch die Folgen, welche die Unterbindung der Pfortader am lebenden Thier herbeiführt. Nach dieser Operation tritt bekanntlich alles Blut, soweit dieses der Nachgiebigkeit der Umgebung gemäss möglich ist, aus sämmtlichen übrigen Körpertheilen in die Darmgefässe über, und der Blutstrom erlischt aus Mangel an verfügbarer Flüssigkeit. Demnach kann durch die Füllung eines einzigen, freilich sehr grossen und nachgiebigen Gefässbezirks eine allgemeine Anaemie eintreten.

Vermag nun aber die Blutmenge bei einer gleichmässigen Vertheilung derselben durch den Gefässraum den Wandungen nicht einmal eine mässige Spannung zu ertheilen, so würde sie noch viel weniger hinreichen, um unter dieser Bedingung irgendwo dem Blutdruck die Höhe zu ertheilen, die er in der Regel besitzt. Dieses wäre thatsächlich schon dann unmöglich, wenn den Wandungen überall nur der Grad von Widerstandsfähigkeit eigen wäre, den sie vermöge ihrer Elastizität besitzen. Dieses letztere ist annähernd verwirklicht, wenn die n. splanchnici durchschnitten oder die n. depressores gereizt sind. Sowie dieses geschieht, sinkt der mittlere Blutdruck in den grossen Arterien beträchtlich ab, weil nun ein gleichmässiges Fliessen des Bluts durch die Abflusswege hindurch Platz greift.

Damit sehen wir, wie mehrfache und, wie ich glaube, unwiderlegliche Gründe dafür eintreten, dass der Blutstrom mit seinem hohen Aortendruck nur so lange möglich ist, als entweder allgemein, oder mindestens alternirend das Abfliessen des Blutes aus der Aorta beschränkt wird. Und hierdurch wird auf den Mechanismus ein neues Licht geworfen, durch welchen es bei höchster Sparsamkeit mit dem Blut möglich wurde, den Blutdruck auf eine Höhe zu heben, durch die er zu seinen vielfachen Leistungen in den verschiedensten Organen befähigt wird.

Daraus dürfte nun auch erhellen, dass die Erfahrungen, welche die Stromuhr gewinnen liess, keinen ausnahmsweisen,

sondern einen allgemein giltigen Fall darlegen. Nun aber erhebt sich die Frage: wodurch werden in jedem einzelnen Gefässabschnitt die Perioden des raschern und des langsamern Stromes geregelt? Hierauf weiss ich nun allerdings keine erschöpfende Antwort zu geben; und in Ermanglung einer solchen verzichte ich darauf, die Angabe der mir vorschwebenden möglichen Erklärungsgründe zu besprechen. Einstweilen schien es mir schon wichtig genug, eine der Richtungen bezeichnet zu haben, nach der sich künftig die Untersuchungen über die Geschwindigkeit des Blutstroms bewegen müssen, wenn sie fruchtbar werden sollen. Glücklicherweise besitzen wir nun in der Stromuhr ein Mittel, um den Veränderlichkeiten des Stroms weiter nachzugehen, soweit diese von den räumlichen und zeitlichen Gleichgewichtsstörungen vieler Gefässwege abhängig sind.

Diese Aussicht ist hoffentlich geeignet, um uns über einen Verlust zu trösten, den wir durch die hier mitgetheilten Erfahrungen, wenn ich nicht irre, insofern erlitten haben, als hierdurch der Boden für die Betrachtungen erschüttert wird, welche man bis dahin an die Kenntniss der partiellen Blutströme geknüpft hat. Für meinen Theil wenigstens wüsste ich keinen Rath, wenn man von mir auf Grundlage meiner Beobachtungen Aufschluss darüber erhalten wollte, wie viel Blut in der Zeiteinheit durch die Aorta fliesst. —

Anhang.

Bevor ich für diessmal meine Mittheilungen über die Stromuhr schliesse, will ich noch einige Beobachtungen mittheilen. Die erste ist für die Methodik nicht unwichtig, denn sie bezieht sich auf das Verhalten des Blutstroms bevor und nachdem die Thiere mit Morphium oder Curare vergiftet waren. —

Die Versuche mit Morphium waren so geordnet, dass erst vor und dann nach der Injection der Morphium-Lösung in die Vene die Geschwindigkeit in der Art. carotis genommen wurde. Die Dosis des Giftes war jedesmal gross genug, um

eine tiefe Narkose herbeizuführen, der bekanntlich öfter ein Stadium der Aufregung vorangeht.

Vor und während Opium- (Morphium-) Vergiftung.

Nr. d. Kugeln.	Vor der Vergiftung. Stromvolum in 1 Secunde u. Cbm.	Vor der Vergiftung. Geschwindigkeit in Sec. u. Cbm.	Vor der Vergiftung. Blutdruck in Mm. Hg. vor der Uhr.	Während d. Vergiftg. Stromvolum in 1 Secunde.	Während d. Vergiftg. Geschwindigkeit in 1 Sec. u. Cbm.	Während d. Vergiftg. Blutdruck in Mm. Hg. vor der Uhr.	Bemerkungen.
1	1,36	259					Hund.
2	1,36	259					Kpg. 3,33 Kilo. Durchm. d. Arter. carotis 2,1 Mm. N. vag.-sympath. durchschnitten.
3	1,34	303					
4	1,34						
5	—	—		1,07	282		
6	—	—		0,57	151		
7	—	—		1,00	263		
1	1,40	146	133,2				Hund.
2	1,78	185	122,0				Kpg. 11,67 Kilo. Durchmesser d. Art. carotis 3,5 Mm.
3	2,06	214	139,0				
4	2,21	229	140,8				
5	1,81	188	143,2				
6	—	—	—	1,34	139	114,0	
7	—	—	—	1,08	111	117,2	
8	—	—	—	0,76	79	118,4	
9	—	—	—	0,81	84	119,2	
10	—	—	—	0,72	74	119,8	
1	0,87	123	108,4				Hund.
2	0,61	86	109,8				Kpg. 10,11 Kilo. Durchmesser d. A. carotis 3,0 Mm.
3	—	—	—	1,52	214	97	
4	—	—	—	1,38	195	102,4	
5	—	—	—	0,75	107	101,6	
6	—	—	—	0,46	65	104,8	
1	0,78	247	127,0				Hund.
2	1,00	318	128,4				Kpg. 3,69 Kilo. Durchm. d. Art. carotis 2 Mm.
3	1,07	340	127				
4	1,02	324	132,2				
5	—	—	—	0,26	82	83,6	
6	—	—	—	0,29	63	74,4	
7	—	—	—	0,19	61	82,0	

Während der Narkose ist also das strömende Volum kleiner, als vor ihr. Eine scheinbare Ausnahme macht nur der 3te der hier verzeichneten Versuche. Doch auch an ihm sinkt nach vorübergehender Steigerung die Grösse des Stromvolums bald

ab, wobei bemerkenswertherweise der Druck in umgekehrter Richtung sich ändert.

Da sich in allen übrigen Beziehungen der Strom während und vor der Vergiftung mit Morphium gleich erhält, so würde gegen seine Anwendung kein Bedenken zu erheben sein, wenn man nicht auf die Gewinnung der höchsten Werthe lossteuert.

Der Gebrauch des Curare ist, nach meinen Erfahrungen, bei Stromversuchen an Kaninchen zu meiden, wegen der Verengerung der Arterien, welche dieses Gift, wie schon vor mir von einigen Beobachtern bemerkt wurde, herbeiführt. Diese ist zuweilen so gross, dass der Strom, wenn auch nicht vollständig unterbrochen, aber doch auf ein Minimum herabgedrückt wird. Hieraus erklärt sich die bekannte Beobachtung, dass an curarisirten Kaninchen die tiefsten Operationswunden sehr wenig zu bluten pflegen. — Ich habe desshalb den Gebrauch dieses für Druckbeobachtungen so bequemen Giftes bei Kaninchen verlassen.

Auch bei Hunden habe ich es nur dann, wenn es mir unentbehrlich erschien, angewendet. Unter den in dieser Abhandlung aufgeführten Beobachtungen ist nur ein einziger mit Curare vergifteter Hund enthalten (p. 266 Reizung des n. splanchnicus).

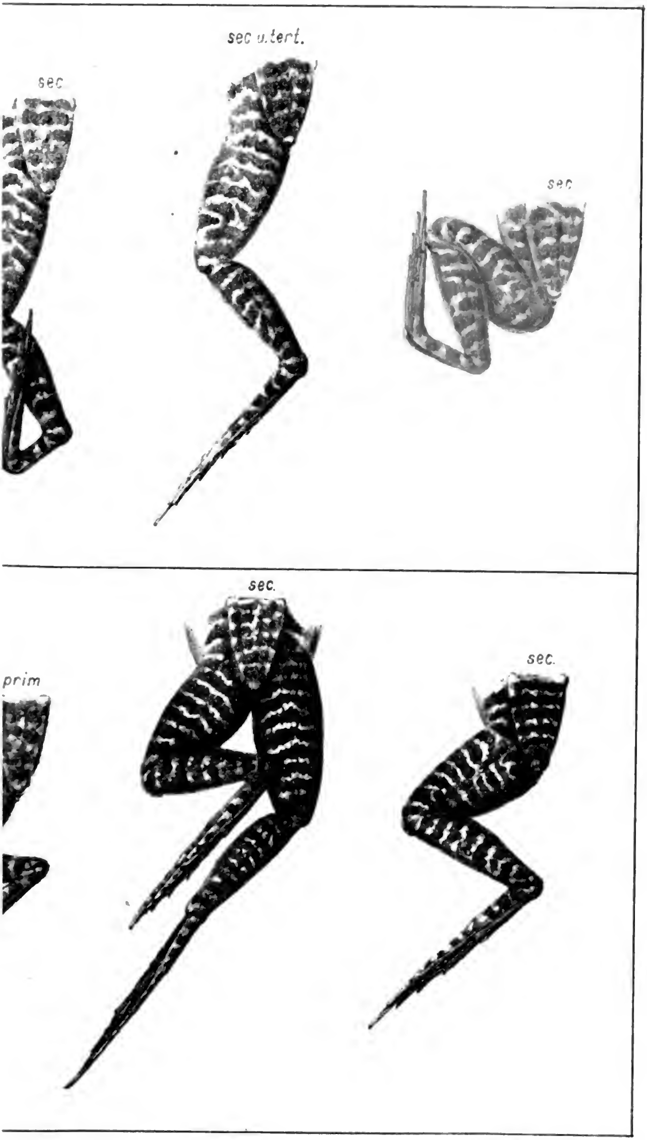
Ausserdem setze ich noch einige Versuche her, welche zeigen, wie gering der Antheil an Blut ist, der von der gesammten in die A. carotis commun. strömenden Masse durch die A. carotis interna des Hundes abfliesst. — In den beiden ersten der mitzutheilenden Beobachtungen war die Carotis externa, in der dritten die A. carotis interna vorübergehend geschlossen worden.

Nummer d. Kugeln.	Stromvolum in 1 Secunde in Ccm.	Bemerkungen.
1	1,00	Kpg. 5,51 Kilo. diam Art. car. com 3,0 Mm. Carot. interna zu.
2	1,18	
3	1,08	
4	0,29	

Nummer d. Kugeln.	Stromvolum in 1 Secunde in Ccm.	Bemerkungen.
1	1,26	Kpg. 1,79 Kilo. diam. A. carot. comm. 2 Mm. Morphiumvergiftung.
2	1,28	
3	1,26	
4	0,09	
5	0,53	alles offen.
6	0,66	
7	0,64	
8	0,65	
9	0,64	
1	0,94	Kpg. 5,75 Kilo. diam. A. carot. comm. 2,5 Mm. Morphiumnarkose.
2	1,28	
3	1,38	
4	0,94	A. carot. interna zu.
5	1,28	
6	1,25	
7	1,28	
8	0,98	alles offen.
9	1,5	
10	1,63	
11	1,67	
12	1,63	

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

Taf. I.





X.



XV.





. tert.



Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

Fig

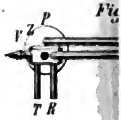
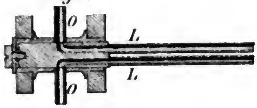


Fig. 4.



Fig. 3.



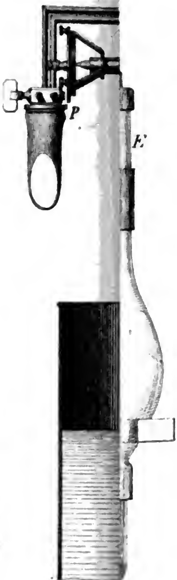
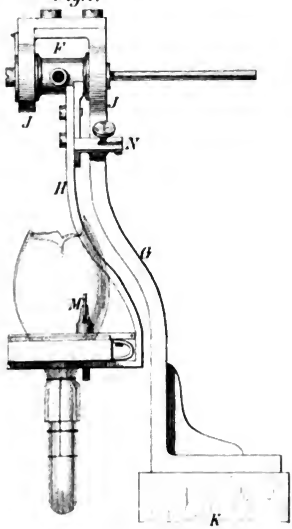


Fig. 2.



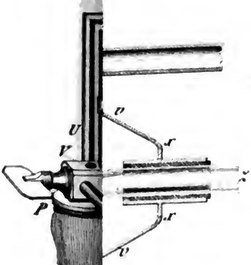
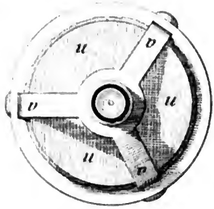


Fig. 11.



Zur Abhandlung

Berichte d. K.S.

ARBEITEN

AUS DER

PHYSIOLOGISCHEN ANSTALT ZU LEIPZIG

DRITTER JAHRGANG: 1868

MITGETHEILT

DURCH

C. LUDWIG.



MIT FÜNF TAFELN.

Abdruck aus dem XX. Bande der Berichte der mathem.-phys. Classe
der K. S. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig.

LEIPZIG

BEI S. HIRZEL.

1869.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

I N H A L T.

Die eingeklammerten Seitenzahlen beziehen sich auf die fortlaufenden Seiten d. XX. Bds. der Sitzungsberichte der math.-phys. Classe der K. S. Gesellsch. der Wissensch.

Das Verhalten der Gase, welche mit dem Blut durch den reizbaren Säugethiermuskel strömen.

Von

C. Ludwig und **Alex. Schmidt.**

Die Beziehung des Muskels zu dem Sauerstoff und der Kohlensäure hat man auf verschiedenen Wegen genauer darzustellen versucht. Das scheinbar zugänglichste Mittel schien vielen Beobachtern darin zu bestehen, dass sie die Gasvolumina ausmassen, welche in der Athmung des gesammten Körpers verkehren. Hierdurch können jedoch nur beschränkte und, soweit es sich um das Leben des Muskels handelt, nur unsichere Aufschlüsse gewonnen werden. Beschränkt sind die Ergebnisse darum, weil auf diesem Wege nur aus dem Unterschiede in der Gasbewegung und eines ruhenden oder in Muskelbewegung begriffenen Thieres zu schliessen ist, welchen Zuwachs der Gasaustausch durch die Muskelthätigkeit gewonnen hat. Dieses Resultat kann allerdings mit Sicherheit festgestellt werden.

So werthvoll dasselbe für die Beurtheilung des gesammten Stoffwechsels werden mag, so wenig leistet es für die Erkenntniss derjenigen Oxydationen, durch welche sich der ruhende von dem zuckenden Muskel unterscheidet. Wenn man, wie es gewöhnlich geschieht, annimmt, dass der Unterschied in Gewinn und Verlust von Kohlensäure und Sauerstoff den Zuckungen der Muskeln allein zugeschrieben werden müsse, so geschieht dieses mittelst der unbewiesenen Unterstellung, dass indess die Athmungsvorgänge in den Gefässprovinzen ausserhalb der Muskeln durchaus unverändert geblieben seien. Wenn aber, wie sich zeigen wird, dieses nicht der Fall ist, so lehren die Differenzbestimmungen des gesammten Gasaustausches während der Ruhe und der Bewegungen der Muskeln wenig oder nichts über den Antheil, den die Vorgänge innerhalb des Muskels selbst an dem vermehrten Gasaustausche nehmen.

Dem letztgenannten Ziele nähern sich, wie es auf den ersten Blick scheinen könnte, die Resultate einer anderen Methode. Wir meinen damit diejenige, welche unmittelbar das Blut auffängt, welches zu und von den ruhenden oder bewegten Muskeln eines lebenden Thieres strömt. Bei Anwendung dieses Verfahrens wird allerdings das gewonnene Resultat unabhängig von den Störungen, die möglicherweise durch andere Organe eingeführt werden können, es bleibt dagegen behaftet mit denjenigen Unsicherheiten, die aus dem veränderlichen Blutstrom innerhalb der Muskeln selbst erwachsen; von diesen kann es auch nicht unabhängig gemacht werden, weil es unmöglich ist am lebenden Thier den Blutstrom nach Belieben zu regeln. Den Erfahrungen entsprechend, welche in dieser Abhandlung zur Sprache kommen, können wir den Beobachtungen, die auf diese Weise gewonnen sind, einen nur qualitativen Werth zusprechen. Diese Bemerkung soll natürlich die Bedeutung der Resultate, die aus der Untersuchung des lebenden Muskelblutes gewonnen sind, nicht herabsetzen. Wer könnte die Wichtigkeit der von *Setschenow* gefundenen Thatsache bestreiten, dass ein Muskel, welcher von O-freiem Blut durchströmt wird, noch zu lebhaften Zuckungen veranlasst werden kann, oder der von *Sczelkow* beobachteten Erscheinungen, dass der zuckende Muskel einen viel umfänglichern Gasumtausch einleitet als der ruhende, oder endlich die Erfahrung von *A. Schmidt* unterschätzen, dass das O-freie Blut aus dem zuckenden Muskel grössere Quantitäten eines im Blut selbst oxydirbaren Stoffes hinwegführt als aus dem ruhenden?

Die Einwände, welche man aus diesem oder jenem Grunde gegen die bisher erwähnten Beobachtungsmittel erheben kann, dürften Veranlassung gewesen sein, dass man zur Lösung unseres Problems noch den dritten Weg eingeschlagen, auf welchem das Verhalten des isolirten Muskels als Verzehrer und Bildner von O und CO_2 ermittelt werden könnte. Diese Methode, welche zuerst von *du Bois* nach ihrer ganzen Bedeutung gewürdigt wurde, hat *G. v. Liebig*, *Valentin*, *Matteucci* und *L. Hermann* in der That zu sehr bedeutungsvollen Resultaten geführt, namentlich hat *L. Hermann* bei seinen Untersuchungen über den Gaswechsel in den Muskeln auf eine grosse Zahl sehr wichtiger Thatsachen hingewiesen, von denen wir hier eine Uebersicht nach den eigenen Worten des Verfassers geben.

Die erste Reihe der Resultate *Hermanns*, welche sich auf die Gase bezieht, die man aus dem blutfreien Muskel erhalten kann, lautet folgendermassen.

»Ausgeschnittene, möglichst unveränderte Froschmuskeln enthalten keinen auspumpbaren O —, sie enthalten kleine vermuthlich einfach absorbirte Mengen N —, sie enthalten geringe Mengen freier und festgebundener CO_2, letztere wahrscheinlich nicht dem Muskelinhalt angehörig. — Durch das allmählige oder plötzliche Erstarren wird eine bedeutende Menge frei auftretenden CO_2 im Muskel gebildet, — dasselbe geschieht beim Tetanus des Muskels. — Die durch den Tetanus gebildete CO_2 erreicht nicht die bei gleichen Muskeln durch die Starre producirbaren Mengen. — Tritt nach dem Tetanus die Starre ein, so wird hierbei in Vergleich zur directen Erstarrung um so viel weniger CO_2 gebildet als während des Tetanus bereits entstanden ist. — Bei der Fäulniss tritt in dem Muskel eine neue Gasentwickelung ein, hauptsächlich von CO_2 und N in bestimmtem, aber im Laufe des Prozesses sich änderndem Mengenverhältniss.«

Aus einer andern Reihe von Beobachtungen über den Gaswechsel ausgeschnittener Froschmuskeln in O-haltigen Gasgemengen zieht *L. Hermann* folgende Schlüsse. »Die Sauerstoffaufnahme ausgeschnittener entbluteter Froschmuskeln beruht auf einer sofort nach der Entfernung aus dem Körper beginnenden Zersetzung der Oberfläche und namentlich etwa freiliegender Querschnitte des Muskels. Sie nimmt mit dem Vorschreiten der Fäulniss zu. Eine mit den Lebensprozessen des Muskels zusammenhängende O-Verzehrung lässt sich nicht nachweisen; wenn sie vorhanden ist, so kann sie nur verschwindend klein sein.

»Jene Sauerstoffaufnahme wird durch Bewegungen des Muskels in der umgebenden Luft, wodurch er stets mit neuen Schichten derselben in Berührung kommt, vergrössert; eine mit dem Contractionsvorgange zusammenhängende Vermehrung der O-Aufnahme ist nicht nachzuweisen und kann, wenn sie vorhanden ist, nur verschwindend klein sein. — Die CO_2 Abgabe des ausgeschnittenen Muskels rührt zum Theil von den Zersetzungsprozessen seiner Oberfläche, zum Theil aber von der Ausscheidung physiologisch gebildeter CO_2 her; der letztere Antheil wird erst dann nachweisbar, wenn durch Starre oder Contraction eine vermehrte Bildung von CO_2 im Muskel erfolgt.«

Ueber den Einfluss, den die umgebende Atmosphäre auf die Erregbarkeit des ausgeschnittenen Muskels ausübt, theilt *L. Hermann* Folgendes mit. »Die Gegenwart von O vermag das Absterben ausgeschnittener Muskeln etwas hinaus zu schieben. — Diese Wirkung des O ist nicht nachweisbar, wenn die Muskeln anhaltend in Thätigkeit erhalten werden. — Gleichzeitig existirt eine den Tod beschleunigende Wirkung des O durch Zerstörung der oberflächlichen Schicht. Bei dünnen Muskeln überwiegt diese zerstörende Wirkung über die erhaltende. — H, N, NO, CO sind für den Muskel indifferente Gase. CO_2 wirkt auf ihn wie jede Säure.«

Mit diesen Erfahrungen kann das, was uns vom Gasleben des Muskels zu wissen nothwendig ist, offenbar noch nicht abgeschlossen sein: dafür spricht der Umstand, dass die Erfahrungen, die an lebendigem Muskelblut gewonnen sind, nach mehreren Richtungen hin von den durch *Hermann* ermittelten abweichen. Abgesehen hiervon betreffen die Beobachtungen einen Muskel, der im Absterben begriffen und insbesondere einen solchen, der seines normalen Tauschmittels für die Gase entbehrt.

In Anbetracht dessen schien es uns zweckmässig ein neues Verfahren zur Lösung der Aufgabe zu versuchen. Das Princip desselben bestand darin, einen künstlichen Strom frischen, faserstofffreien Blutes durch den eben ausgeschnittenen Muskel zu leiten, diesen letztern hierdurch lebendig zu erhalten und die Veränderungen zu untersuchen, welche das Blut während seines Durchganges durch den Muskel erfährt.

Die Möglichkeit dieses Verfahren erfolgreich anzuwenden setzt die Erfüllung zweier Vorbedingungen voraus. Die erste verlangt, dass der Blutstrom durch den Muskel isolirt und namentlich ohne Blutung zu erzeugen geführt werden könne, die andere aber, dass sich unter dem Einfluss des künstlichen Blutstroms die Lebenseigenschaften der Muskelsubstanz erhalten.

Als eine Muskelmasse, die sich der Regelung des Blutstroms wegen von vorn herein als zweckmässig empfahl, stellte sich uns das Herz dar. Wir griffen um so hoffnungsvoller zu ihm, als durch andere schon früher im hiesigen Laboratorium angestellte Versuche erwiesen war, dass sich das Froschherz unter dem Einfluss von Blut und Serum sehr lange schlagfähig erhält. Aber schon wenige Versuche belehrten uns, dass das

Herz ein für unsere Zwecke unbrauchbares Object sei. Dieses Organ ist von einer ungemeinen Empfindlichkeit gegen jede Unregelmässigkeit im Blutstrom. Wenn infolge dieser letzteren eine Stockung eintritt, so bilden sich sogleich Extravasate, die Lymphgefässe füllen sich mit Blutkörperchen und alsbald wird die durchströmte Muskelmasse starr. Der unmittelbar schädliche Einfluss des Stroms tritt besonders deutlich hervor, wenn man denselben nur durch eine der beiden Kranzarterien führt. Hier sieht man in der Regel schon in der vom Blut durchspülten Herzabtheilung die Starre eintreten, während die andern nicht durchströmten Abtheilungen noch pulsiren. Wir haben diesen Erfolg gesehen eben so wohl wenn wir durch das Herz des Hundes Rinder-, oder Hundeblut führten, mochte dieses auf 20° C. oder auf 36° bis 40° C. erwärmt sein.

Wir standen desshalb von der Benutzung des Herzens ab und wendeten uns zu den mm. biceps und semitendinosus des Hundes, zwei Muskeln, an welchen sich der Blutstrom, wie wir indess gefunden, noch viel bequemer beherrschen liess als am Herzen.

1. Verbindung der Arterien und Venen mit dem künstlichen Blutstrom. — In den m. biceps treten drei bis vier Arterienäste ein. Von oben her, unmittelbar neben seinem Ursprung am Sitzbeinhöcker dringt ein starker Zweig aus der a. hypogastrica in ihn; ein Theil desselben versorgt auch die Abtheilung des m. semitendinosus, welche oberhalb seiner inscriptio tendinea gelegen ist. Aus der a. cruralis, nachdem sie auf die Hinterfläche des Oberschenkels gelangt ist, entspringen 3 bis 4 Aeste für den m. biceps, welche von unten her in den genannten Muskel eindringen. Diese Aeste gehen nicht unmittelbar aus dem Stamm der a. cruralis hervor, sondern aus einem grossen Zweig, den sie quer durch die Kniekehle sendet. Aus dieser Kniekehlenarterie entsteht ferner der Ast, welcher die unterhalb der Inscription gelegene Abtheilung des m. semitendinosus versorgt und ausserdem mehrere andere für die in der Nähe angehefteten Muskeln des Ober- und Unterschenkels. Neben jedem der aufgezählten arteriellen Zweige läuft ein entsprechender venöser.

Die Vertheilung der Arterien in diesem, vielleicht in allen übrigen Muskeln bietet eine bisher noch nicht beachtete Eigenthümlichkeit. Sobald ein Arterienstämmchen zwischen die

Bündel des Muskels selbst eingetreten ist, vertheilt sie sich ausschliesslich in einer ganz bestimmten Abtheilung des Muskels, ohne Verbindungszweige zu den benachbarten Gefässen abzugeben. Dieses Verhalten legt sich sehr klar bloss, wenn man einen beliebigen der aufgezählten Zweige mit farbigen, leichtflüssigen Massen ausspritzt; man erhält hierdurch jedesmal nur eine ganz beschränkte Injection, wie lange und unter welchem Druck man auch den Strom zuführen mag. Ebenso fliesst das Blut oder jede andere der eingespritzten Massen nur durch die der injicirten Arterie entsprechende Vene ab, vorausgesetzt dass dem Fliessen aus der Vene kein Hinderniss entgegengestellt wird. Unterbindet man dagegen die Vene, welche bis dahin den einzigen Abflussweg darstellte, so entwickelt sich nun auch ein Strom in den andern Venen desselben Muskels und zwar darum, weil durch Netze kleiner Venen, welche die Muskelbündel sowohl wie die Fascie des Gesammtmuskels umspinnen, eine Verbindung zwischen den verschiedenen grössern Venenstämmen hergestellt ist. Wir unterlassen es Zeichnungen und weitere Beschreibung von den Muskeln und ihren Gefässen zu geben, da diese doch nur für den Leser von Bedeutung sein könnten, welcher unsere Versuche wiederholen wollte. Jeder aber der dies beabsichtigt, wird ohnedies gezwungen sein, sich an einem Präparat zu orientiren, wobei er die anatomischen Verhältnisse auch ohne fremde Anleitung leicht übersehen wird.

Aus den mitgetheilten Beobachtungen über den Gefässverlauf gehen selbstverständlich die Regeln hervor, nach denen man bei der Einleitung des künstlichen Blutstroms zu verfahren hat. Sowie man die Absicht hat, die gesammte Masse beider Muskeln zum Versuch zu benutzen, muss man mindestens zwei Arteriencanülen einbinden: die eine in den Zweig der a. hypogastrica, die andere in den Kniekehlenast der a. cruralis. Nachdem dies geschehen, muss man sorgfältig alle Zweige zubinden, die aus den genannten Aesten zu den anliegenden Gebilden abgehen. In dieser Beziehung bietet die obere Arterie geringe Schwierigkeiten, da sie unmittelbar vor ihrem Eintritt in die mm. biceps und semitendinosus nur zum m. ischiadicus und in das umliegende Bindegewebe Zweige schickt. Wünscht man den Strom auf den m. biceps zu beschränken, so wird es nöthig auch noch den Zweig für den obern Theil des m. semitendinosus zu unterbinden, wobei man jedoch

zu beobachten hat, dass häufig, wenn nicht immer ein schmaler Abschnitt des Randes, welchen der m. biceps dem m. semitendinosus zukehrt, von einem Aestchen der Arterie versorgt wird, die in den letztgenannten Muskel eingeht.

Grössere Schwierigkeit bietet die Behandlung der Zweige, welche von der Kniekehle her in die Muskeln übergehen. Um die Zahl der künstlichen Zuflüsse nicht unnöthig zu mehren, haben wir von unten her nur eine Canüle eingebunden und zwar in die Ursprungsstelle des Kniekehlenastes. Nachdem diese festsitzt, wird es nöthig die zahlreichen grösseren und kleineren Zweige zu unterbinden, welche die von Fett und einer Lymphdrüse umgebene Arterie nach verschiedenen Seiten hin ausschickt. Wir fanden es zweckmässig, diese oft mühsame Unterbindung vorzunehmen solange der Muskel und die Arterie sich noch in ihrer natürlichen Lage befanden, so dass sich die kleinen Zweige bequem spannen liessen, während man mit einem stumpfen Instrument den Stamm der Arterie isolirte.

Gerade so wie mit den Arterien ward auch mit den Venen verfahren, das heisst wir setzten nur zwei Venencanülen ein. Auf die Art, wie je zwei gleichnamige Gefässe mit einander verbunden und wie jede der gemeinsamen Röhren weiter behandelt wurden, kommen wir sogleich zurück.

Nachdem die Canülen eingesetzt und die schädlichen Zweige unterbunden waren, lösten wir die Muskeln vom Schenkel ab, wobei wir uns mit dem Messer sorgfältig nur in den Fascialgebilden hielten. Waren sie vom Oberschenkel losgelöst, so dass sie nur noch durch ihren Ursprung am Sitzbeinhöcker mit den übrigen Körpern in Verbindung standen, so sägten wir den Sitzbeinhöcker aus, so dass dieser mit den herausgenommenen Muskeln verbunden blieb. War dieses geschehen, so unterbanden wir die grössern der Venenzweige, welche aus der Fläche des m. biceps hervorgehen, die er der Haut zuwendet, und betupften mit concentrirtem Eisenchlorid den Sägeschnitt des Knochens oder bedeckten den letztern mit einem Streifen Fliesspapiers, das mit Eisenchlorid getränkt war.

Alsdann setzten wir an jede Arteriencanüle ein biegsames schwarzes Kautschukrohr, führten beide an zwei Zinken einer hohlen Glasgabel, den dritten Zinken der letzteren verbanden wir durch ein schwarzes Kautschukrohr mit der Glasflasche, welche das defibrinirte O-reiche Blut des Hundes enthielt. Auf

dieselbe Weise leiteten wir auch die beiden Venen in ein Rohr zusammen.

Durch den Muskel, der mit seiner der Haut zugewendeten Fläche auf einer starken Glasplatte lag, leiteten wir jetzt defibrinirtes Blut hindurch, theils in der Absicht, um das Blut, welches noch vom lebenden Zustand her in den Gefässen war, zu entfernen, weil dieses sonst Veranlassung zur Verstopfung gegeben hätte, wenn es später geronnen wäre, theils aber in der Absicht, um die Stellung zu ermitteln, welche den Canülen gegeben werden musste, um den Strom des Blutes möglichst unbehindert aus- und eintreten zu lassen; endlich aber führten wir auch darum das Blut vorläufig durch den Muskel, um zu erfahren, ob die Unterbindung der Nebenzweige nach Wunsch gelungen war, oder, wenn dies nicht der Fall gewesen, um die noch eintretende Blutung zu stillen. Um sicher zu sein, dass während des Versuches kein neuer schädlicher Nebenweg dem Blut eröffnet werde, verschlossen wir zeitweilig das Rohr, in welches die Venen ausmündeten und brachten auch vorübergehend bei offener Venenmündung den Druck in der Quecksilberflasche auf eine Höhe, welche die voraussichtlich während des Versuchs nothwendige überstieg. Es ist immer gerathen, auf diesen Theil der Vorbereitung die höchste Sorgfalt zu verwenden; mit dieser gelingt es nun auch, die Blutung so weit auszuschliessen, dass man später viele Stunden hindurch das Blut in den Muskel leiten kann, ohne dass mehr als ein paar Tropfen desselben auf der Oberfläche zum Vorschein kommen, deren Gesammtsumme ungünstigen Falls einige CbC. beträgt. Wir haben nur die Versuche zur Gasanalyse herangezogen, beziehungsweise bei der Ziehung unserer Resultate benutzt, bei welchen die Blutung noch nicht 1 Procent der Blutmasse ausmachte, welche während der ganzen Versuchsdauer durch den Muskel geflossen war. — So günstige Resultate kann man indess nur dann erwarten, wenn der Muskel mit seiner der Haut zugekehrten Fläche auf einer Glasplatte ruht, so dass er durch seine Schwere die oft zahlreichen und kurz abgeschnittenen Venenästchen zusammendrückt, die von der genannten Fläche zum Unterhautbindegewebe hinlaufen. Wenn der Sitzknorren in eine Klemme eingespannt wird und von ihm der Muskel senkrecht herabhängt, so bluten sehr häufig die Verbindungsästchen zwischen Muskel- und Hautvenen. Diese

Aestchen können so zahlreich und so klein sein, dass es kaum möglich ist, durch Unterbindung der Blutung abzuhelfen. Verschiedene andere Mittel, durch die wir die Oeffnungen zu verkleben trachteten, haben uns ebenfalls in einzelnen Fällen im Stiche gelassen.

2. Vorbereitung des Blutes. Wie wir immer nur die Muskeln, so haben wir auch nur das Blut und zwar das defibrinirte des Hundes verwendet. — Das zum Durchleiten bestimmte Blut war entweder durch Schütteln mit atmosphärischer Luft arteriell gemacht, oder dieses war mit Eisen reducirt, oder es war Blut des erstickten Thieres. Zuweilen ward auch dem reducirten oder dem Erstickungsblute noch nachträglich O zugesetzt.

Wenn arterielles Blut zur Verwendung kommen sollte, so wurde dem Thier, dessen Muskeln wir gebrauchen wollten, aus der a. carotis so lange Blut entzogen, bis es dem Tode nahe war. Dieses Blut wurde geschlagen, sorgfältig durch Leinwand filtrirt und in die Glasflasche gebracht, aus welcher der künstliche Strom hervorgehen sollte. Die noch in der Flasche verbleibende Luft wurde durch Quecksilber verdrängt, das durch die untere Tubulatur eingelassen wurde. Die obere Oeffnung der Flasche war mit einem durchbohrten Kautschukpfropf verschlossen. In seiner Bohrung sass ein kurzes, jenseits des Pfropfens rechtwinklig gebogenes Glasröhrchen; über dieses war ein schwarzes Kautschukrohr gesteckt, in dessen freies Ende abermals ein kurzes Glasröhrchen eingebunden war. Durch das Quecksilber, welches vom Boden der Flasche her einfloss, wurde nicht allein die Luft aus dieser letztern, sondern auch aus dem Röhrchen verdrängt und dann dieses mit einer Klemme verschlossen. Aus dem Inhalt dieser Flasche wurde nicht allein der Muskel gespeist, sondern es wurden auch aus ihm die Blutproben genommen, welche zum Vergleich mit dem durch den Muskel geflossenen entgast wurden.

Zur Reduction des Blutes verwendeten wir nach dem Vorgange von *Rollet* Eisen. Wir vermieden jedoch die Anwendung von Limatura, nachdem wir uns überzeugt hatten, wie langsam sich die letzten Spuren dieses Präparats aus dem Blute absetzen; statt ihrer benutzten wir feinsten Eisendraht, der zu etwa Millimeter langen Stücken zerschnitten war. Das Blut, welches reducirt werden sollte, liessen wir aus der Arterie in ein geräumiges, ursprünglich mit Quecksilber gefülltes Glasrohr

fliessen, so dass das Blut, welches in die obere verengte Mündung des Rohrs eindrang, den Platz einnahm, welchen das aus dem untern Halse des Rohres ausfliessende Quecksilber frei machte. Die Drahtstückchen waren schon vor dem Eintreten des Bluts in das Glasrohr gebracht. Nachdem das Rohr mit Blut nahezu gefüllt war, wurden die beiden Oeffnungen desselben luftdicht verschlossen und das Rohr so lange aufrecht hingestellt, bis sich die Luftbläschen, welche zwischen den Eisenstückchen verblieben waren, auf die Oberfläche des Blutes begeben hatten, alsdann wurden sie von unten her durch Quecksilber verdrängt und die Kautschuke an den beiden Röhrenenden von Neuem luftdicht verschlossen. Hierauf wurde die Mischung aus Blut, Quecksilber und Eisen anhaltend geschüttelt, bis auch in hellstem Licht das Blut eine schwarzrothe Farbe angenommen hatte. — Die Veränderung, welche das so behandelte Blut erlitten hat, besteht, wie schon *Rollet* bemerkte, nicht blos in einer Reduction, sondern auch in der Auflösung eines merklichen Theils seiner Körperchen. Diese Auflösung schreiben wir jedoch nicht dem Schütteln zu, weil wir sie vermissten, wenn wir das Blut auch noch so heftig ohne den reducirenden Stoff mit Quecksilber geschüttelt hatten. Die an dem rothgefärbten Serum kenntliche Auflösung der Blutkörperchen trat dagegen ein, wenn wir das Blut mit Ferrum Hydrogenio reductum entsauerstofften. Die grosse Wirksamkeit, welche dieses Präparat an und für sich schon besitzt, kann man noch dadurch bedeutend erhöhen, dass man es luftfrei mit dem Blute in Berührung bringt, indem man es z. B. unter Wasser erbitzt und nach dem Abkühlen feucht anwendet. Das auf diese Weise behandelte Eisen reducirt die Blutkörperchen äusserst rasch, so dass man relativ grosse Mengen dieser letztern zu entsauerstoffen vermag, ohne zum Schütteln greifen zu müssen. Hat man auf diese Weise das Blut von seinem Sauerstoff befreit, so ist ebenfalls ein grosser Theil der Körperchen aufgelöst. Die Röthung des Serums bleibt dagegen aus, wenn man den Sauerstoff nicht vollständig entzogen hat, sondern etwa nur so weit, dass das Blut an Farbe einem stark venösen gleicht. Diese Befunde scheinen zu beweisen, dass die Auflösung der Körperchen durch die Entziehung des O bedingt werde, eine Erscheinung, wie sie auch bei andern Methoden der O-Entziehung eintritt.

Wir hegen ausserdem die Vermuthung, dass das Eisenoxydul, welches sich bei der Reduction des Blutes bildet, dem letztern CO_2 entziehe, diese Annahme stützen wir auf das Ergebniss einer Analyse der Blutgase, wonach das ursprüngliche Blut 21,95 Prc., das mit Eisen reducirte 19,41 Proc. CO_2 enthielt. Dieser Gegenstand erfordert jedoch noch weitere Untersuchung. — Wenn der Muskel hintereinander von zwei Blutsorten durchströmt werden sollte, die sich nur durch ihren Gehalt an O unterscheiden, so wurde ein Theil des reducirten Blutes unter sorgfältigem Abschluss der Luft in eine andere Flasche gefüllt und ihm dort so viel reiner Sauerstoffgehalt zugemessen, dass dieser vollständig von dem Blute absorbirt werden konnte.

Aus nahe liegenden Gründen schien es wünschenswerth, den Muskel auch dem Einfluss von Erstickungsblut auszusetzen. Um dasselbe zu gewinnen, fingen wir auf bekannte Weise das Blut eines erstickten Hundes auf. Um uns nun davon zu überzeugen, ob die eigenthümlichen Wirkungen des Erstickungsblutes von den leicht oxydirbaren Stoffen herrührten, die es, wie wir neulich zeigten, enthält, oder nur von seinem Mangel an O bedingt seien, fügten wir einem Theile des gewonnenen Erstickungsblutes so viel reinen O's zu, dass dasselbe deutlich arteriell wurde. Nachdem hierdurch die leicht oxydablen Stoffe zerstört waren, reducirten wir das Blut mit Eisen. Das ursprüngliche Erstickungsblut und das besauerstoffte und nachträglich wieder reducirte unterschieden sich jetzt allerdings dadurch, dass dem letztern die leicht oxydablen Stoffe fehlten, welche das erstere besass; aber dieses war nicht die einzige Differenz, denn das nach vorgängiger Oxygenirung wieder reducirte Blut besass möglicherweise einen höheren Kohlensäuregehalt als das Erstickungsblut, aus dem es dargestellt war.

3. Regelung des Blutstroms. Nach unsern Erfahrungen kann die Geschwindigkeit des Blutstroms durch den ausgeschnittenen Muskel nur dadurch geregelt werden, dass man den Druck an der arteriellen Stromseite erhöht oder erniedrigt. An der Venenmündung muss der Druck möglichst constant bleiben. In unsern Versuchen schwankte er von 2 mm. über bis 2 mm. unter Null; bald erwies sich dieser und bald jener Druck geeigneter, um den Abfluss zu beschleunigen. — Eine grössere Erhöhung des Drucks als die angegebene bedingt eine Stauung des Stromes in den leicht erweitbaren Venen und in Folge

dessen zuweilen venöse Blutungen. Ein stärker verminderter Druck als der bezeichnete erzeugt dagegen durch Ansaugen der Wand einen Verschluss der Venen, da in ihnen das Blut aus den Capillaren her mit sehr geringer Spannung anlangt.

Die beistehenden Holzschnitte mögen den Apparat erläutern, dessen wir uns zum Einleiten und Auffangen des Blutes bedienten.

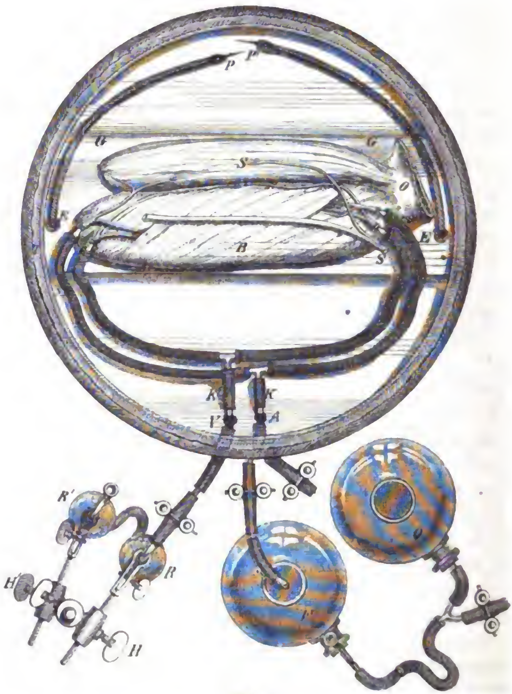


Fig. 1.

Figur 1 giebt die Ansicht des Apparates von oben. *TT* stellt einen Glasteller dar, dessen oberer Rand abgeschlossen und mit einer Spiegelplatte bedeckt ist. Der Verschluss zwischen

beiden ist luftdicht, wenn der Rand des Glastellers mit Talg bestrichen wird. Durch den Boden des Tellers sind vier Löcher gebohrt, in zwei derselben *E E* sind zwei übersponnene Drähte eingelackt; durch diese können elektrische Ströme von aussen zu den beiden Platindrähten *P P* geleitet werden, die durch die Leitungsschnüre von *E* zu *P* gelangen. Die beiden andern Oeffnungen *A* und *V* werden durch zwei Glasröhren ausgefüllt, welche gleich oberhalb des Tellerbodens rechtwinklig umgebogen sind, die eine von ihnen *A* leitet das arterielle Blut, die andere *V* das venöse. Jede der beiden Röhren *A* und *V* ist durch einen Kautschukschlauch *K* und *K'* mit einem *T*-Rohr verbunden, wodurch die obern und untern Gefässstämmchen des m. biceps (*B*) und semitendinosus (*S*) gegen je eine Ausmündung hingeleitet werden. Die Vertheilung und Anordnung der Kautschukschläuche und Blutgefässe wird keiner Erläuterung bedürfen, es sei hier nur noch bemerkt, dass O das os ischii, *S'* der n. ischiadicus ist, *G G* aber eine Glasplatte vorstellt, auf welcher die Muskeln ruhen. Ausserhalb des Tellers stehen auf der Arterienseite zwei grössere, über ihrem Boden tubulirte Flaschen *F* und *Q*. Die unteren Tubulaturen dieser beiden Flaschen sind durch einen Kautschukschlauch verbunden. Aus der obern Mündung der Blutflasche *F* geht ein Rohr zu *A*, so dass das Quecksilber, welches in der Flasche *Q* enthalten ist, das Blut aus *F* nach *A* hin verdrängen kann. *) Die Mündung des äusseren Röhrchens *V* steht durch einen Kautschukschlauch mit einem pipettenförmigen Gefäss *R R*, dessen cylindrischer Bauch nach CbC. getheilt ist, in Verbindung. Aus der untern Oeffnung von *R* geht ein längerer Kautschukschlauch ab, der in die untere Mündung des Gefässes *R'* übergeht, so dass das venöse Blut, welches von *V* herkommt, das Quecksilber aus *R* nach *R'* hin verdrängen kann. Die Gefässe *R* und *R'* werden durch zwei Klammern *H* und *H'*, die von demselben Halter ausgehen, festgestellt.

Fig. 2 stellt den Apparat in der Seitenansicht dar. Um die Zeichnung durchsichtiger halten zu können ist der Dreifuss, auf welchem der Teller ruht, weggelassen. An der Blutflasche *F*, welche in Fig. 2 dargestellt ist, sieht man noch das Manometer *M M*, an dessen Millimetertheilung der Druck des *Hg* abgelesen werden

*) Die aus den Glasgabeln bei *A* und *Q* hervorgehenden, mit Klemmen zugeschnürten Kautschuke deuten an, wie man ausser *F* gleichzeitig noch eine andre Blutflasche zwischen *Q* und *A* einschalten könne.

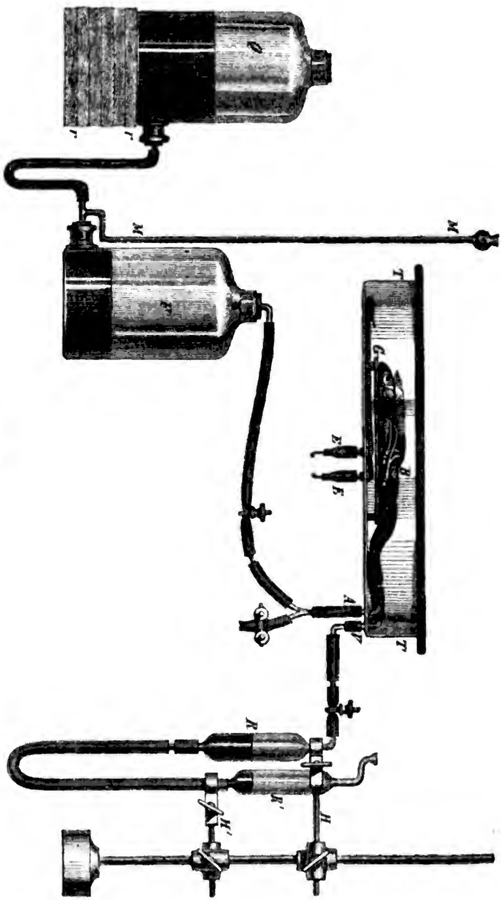


Fig. 2.

kann, welchem das Blut in der Flasche ausgesetzt ist. Der für den Strom wirksame Druck wird selbstverständlich gefunden, wenn man von dem Stand des *Hg* in *M M* denjenigen in *F* abzieht. Den Gegendruck des Blutes in *F* haben wir vernachlässigt, weil er als zu unbedeutend nicht in Betracht kommt. Unter dem Boden der Flasche *Q* liegen eine beliebig zu ändernde Anzahl Brettchen *r r* von je einem Ctm. Dicke.

Bei Eröffnung der Versuche waren wir darauf gefasst, dass wir die Geschwindigkeit des Blutstromes nicht über ein gewisses Maass hinaus steigern dürften, ohne Transsudaten oder Extravasaten zu begegnen, die eingetreten sein würden in Folge des hohen Drucks, welcher zur Einleitung grösserer Geschwindigkeiten nothwendig ist. Unterhalb dieser Grenze hofften wir dagegen den Strom mittelst des Drucks leicht regeln zu können. Hierin hatten wir uns jedoch getäuscht; denn alsbald zeigte sich, dass die veränderlichen Zustände der Muskelmasse und des Blutes mindestens so einflussreich auf den Strom sind, als die Aenderungen des arteriellen Drucks. Zur Aufstellung allgemein gültiger Regeln für die Leitung des Stroms durch ausgeschnittene Muskeln genügt unsere Beobachtungsreihe nicht. Obwohl sie sich über die nicht unbeträchtliche Zahl von 22 Mm. biceps und semitendinosus verschiedener Hunde erstreckt, so war doch die Absicht, in der wir den Strom unterhielten, nicht geeignet, um uns des Genauern über die Variationen der Widerstände zu belehren. Wir sind jedoch im Stande eine Anzahl von Vorsichtsmassregeln anzugeben, welche bei der Wiederholung ähnlicher Versuche künftigen Beobachtern von Nutzen sein dürften. Was von uns hier über den Strom ausgesagt wird, gilt für eine Temperatur des Blutes und des Muskels von 18° bis 20° C.

Am besten lässt sich der Strom handhaben, wenn arterielles Blut durch den ruhenden horizontal gelagerten Muskel fliesst; unter »ruhend« wird hier auch der Muskel verstanden, welcher während einer Beobachtungsdauer von mehreren Stunden nur zu einigen wenigen Zuckungen veranlasst wird. Die Widerstände, welche der Muskel unter diesen Bedingungen dem Strom entgegensetzt, sind Anfangs am geringsten. Sie wachsen wenn die Zeit zunimmt, während welcher er aus seiner natürlichen Verbindung gelöst war. Ein Druck von bestimmter Höhe, der in den ersten 30 bis 60 Minuten ein bestimmtes Volum Blut in der Zeiteinheit durch den Muskel treibt, muss in

der dritten und vierten Stunde des Versuchs oft verdoppelt werden, wenn er auch jetzt wieder die ursprüngliche Menge von Blut durchführen sollte. — Daraus ist die Regel zu entnehmen, dass durch einen m. biceps von 150 bis 200 Gr. Gew. der Strom im Anfang nur mit einem Druck von 40 bis 60 mm. *Hg* zu beginnen hat. Dieser Druck lieferte uns in der Minute zwischen 2,5 bis 3,0 CbC. Blut; man kann dann sicher sein, dass bei dem Druck von 100 bis 150 mm. *Hg* auch noch nach vier Stunden diese Menge durchzutreiben ist. Die Anwendung niederer Drücke gewährt nächstdem den Vortheil, Blutungen aus feinen, schwer oder gar nicht zu unterbindenden Nebenwegen hintanzuhalten. — Insbesondere glauben wir auch vor vorübergehenden, einige Minuten andauernden Druckerhöhungen warnen zu müssen. Ein hoher Druck pflegt in der Regel den Widerstand im Muskel dauernd zu erhöhen.

Die so eben gemachte Mittheilung über das allmähliche Anwachsen des Widerstandes darf jedoch nicht so verstanden werden, als ob dieses gleichmässig mit der wachsenden Zeit geschähe; dieses ist keineswegs der Fall. Der Widerstand wächst zwar im Allgemeinen, aber er thut dieses in sehr unregelmässiger Weise, indem er, ohne dass sich ein Grund dafür angeben liesse, bald auf- und bald absteigt. Diese Eigenschaft zwingt den Beobachter zu einer stetigen Aufmerksamkeit, wenn er auch nur annähernd selbst während der Zeit von wenigen Minuten die Geschwindigkeit gleichmässig erhalten will.

Aehnlich wie ein Muskel, der fortwährend vom arteriellen Blut durchströmt wird, verhält sich auch ein solcher, dessen Strom, nachdem er durch Zeiträume von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Stunde unterbrochen war, wieder eingeleitet wird. Nach der Strompause findet man den Muskel mit ungefähr denselben Widerständen behaftet, die er vor dem Beginn derselben darbot, zuweilen aber scheint sich auch in Folge der Pause der Widerstand erniedrigt zu haben, so dass er dem bei Beginn der ersten Durchleitung vorhandenen gleichkommt. Die so eben ausgesprochene Bemerkung gilt jedoch nur dann, wenn der Muskel durch den wieder eintretenden Strom zu seiner früheren Reizbarkeit zurückgeführt wird.

Besondere Widerstände werden eingeführt, wenn der Muskel zu tetanischen oder zuckenden Zusammenziehungen veranlasst wird. Mit jeder Zuckung entleert sich allerdings das

Blut, welches in den Venen angehäuft war, aber zugleich mehrt sich der Widerstand, der dem Eindringen arteriellen Blutes entgegen tritt. Daraus wird es verständlich, dass man den Druck erhöhen muss, wenn man durch einen intermittirend zuckenden Muskel gerade so viel Blut führen will, wie durch den ruhenden in derselben Zeit abfloss. Schwerer verständlich ist der Umstand, dass hinter einer abgelaufenen Zuckung ein vergrösserter Widerstand zurück bleibt. Zuweilen ist derselbe so gross, dass man geneigt ist an eine die Zuckung überdauernde Zusammenziehung der Gefässe zu denken. — Die Hemmungen, welche in dem Blutstrom angebracht werden durch einen Muskel, den man mehrere Minuten hindurch in raschem Wechsel bald zucken und bald ruhen lässt, sind um so grösser, je reizbarer der Muskel, beziehungsweise je kräftiger und allgemeiner seine Zusammenziehungen ausfallen.

Viel grössere Widerstände als durch die bisher berührten Umstände werden eingeführt, wenn man O-armes Blut in den Muskel schickt. Uns hat es geschienen, als ob das durch Erstickung entsauerstoffte in dieser Richtung nicht merklich anders wirkte als das mit Eisen reducirte. Die Hemmung könnte man als eine Folge der Veränderung ansehen, welche die Blutkörperchen erlitten haben; wenn sich, wie oben erwähnt, ein Theil derselben aufgelöst hat, so dürften auch andere, die nicht vollständig zerflossen sind, aufgequollen sein und damit ihre Glätte und Elasticität eingebüsst haben. Wir möchten jedoch nicht behaupten, dass diese Erklärung für alle Fälle ausreiche. Auffallend war es wenigstens, dass wiederholt der Strom unter relativ niederm Druck rasch floss, wenn das O-arme Blut unmittelbar auf das arterielle folgte, so dass sich erst sehr allmählich der langsame Strom des schwarzen Blutes einstellte. Wir können zudem nicht leugnen, dass uns die Annahme einer Selbststeuerung des Stroms innerhalb der Muskeln eine ansprechende ist. Jedenfalls scheint es nach den vorliegenden Andeutungen wünschenswerth Versuche darüber anzustellen, ob nicht etwa die contractilen Ringe der kleinen Arterie unmittelbar von dem durch ihre Lichtung strömenden Blute angeregt werden. Eine solche Einrichtung könnte möglicherweise dazu führen, dass die Gefässe des Muskels je nach den Bedürfnissen dieses letztern das Blut mehr oder weniger rasch zufliessen liessen.

4. Die Lebenseigenschaften des ausgeschnittenen Muskels.

Vielleicht ist es schon aufgefallen, dass wir zwischen dem Ausschneiden des Muskels und dem Beginn des künstlichen Blutstromes so viele umständliche Handgriffe ausführten, die nothwendigerweise einen Zeitraum von mindestens einer halben Stunde in Anspruch nehmen. Man könnte denken diese Zeit würde genügen, um einen Säugethiermuskel vollständig abzutödten; diess ist jedoch nicht der Fall, vorausgesetzt dass man das Thier, dem der Muskel entnommen wurde, durch einen sehr grossen Aderlass dem Verblutungstode nahe brachte. Diese Verfahrungsweise ergiebt sich aber bei den vorstehenden Versuchen von selbst, weil wir in der Regel das Blut desselben Hundes zu dem künstlichen Strome benutzten, dessen Muskel wir gebrauchten. Wir liessen also, wie schon bemerkt, den meist sehr grossen Hunden so viel Blut aus der Carotis ab, bis sie aus Anämie in Krämpfe verfielen, und verfuhren nun mit dem Blute wie angegeben. Nachdem von Seiten des Bluts alle Vorbereitungen geschehen waren, tödteten wir das Thier vollkommen durch einen Stich in das Herz und begannen mit der Ausschälung des Muskels, sobald das Auge unempfindlich geworden war. Bei diesem Verfahren ist uns niemals ein vorzeitiger Muskeltod oder eine Gerinnung des in den Muskeln zurückgebliebenen Blutes an der Ausführung des Versuchs hinderlich gewesen; sollte man aber fürchten, dass bei besondern Schwierigkeiten der Einbindung ein im Muskel verbleibender Blutrest gerinnen oder die Reizbarkeit in Folge der langen Blutleere erlöschen könnte, so hat man es immer in der Gewalt, den Muskel durch einen vorübergehenden Strom wieder zu beleben.

Wir wollen in dem Folgenden sogleich alle unsere Erfahrungen zusammen stellen, die wir über die belebenden Eigenschaften eines Blutes gesammelt haben, das auf 18° bis 20° C. temperirt war. — Unzweifelhaft erhält ein künstlicher Strom arteriellen Blutes die Lebenseigenschaften der Muskeln und Nerven, und stellt sie auch diesen Gebilden wieder her, wenn sie bis zur Erschöpfung der Reizbarkeit ermüdet waren. Hierfür sprechen die einfachsten Versuche. Wird z. B. nur eine der Muskelarterien eingebunden, so dass nur ihr Bezirk einen Strom empfängt, während die der übrigen Arterien leer bleiben, so tritt unfehlbar und spätestens nach 2 bis 3 Stunden in den nicht vom Blut benetzten Muskelmassen die Starre ein, während die

unmittelbar anliegenden, vom Blut umflossenen Fasern einen hohen Grad von Reizbarkeit behauptet haben. Gerade so wie die Muskeln verhalten sich auch die Nerven. Soweit die Stämme derselben von Blut umflossen sind, erweisen sie sich auch erregbar und geschickt die von ihren Zweigen versorgten und annoch reizbaren Muskeln zur Contraction zu veranlassen. — Nicht minder wie die vorhandene Reizbarkeit durch den künstlichen Blutstrom erhalten wird, kann durch den letztern auch der ermüdete Muskel wieder hergestellt werden. Ein Muskel, der durch Unterbrechung des Blutstromes oder durch eine anhaltende Reihe von elektrischen Schlägen so weit herabgekommen ist, dass er durch die heftigsten Reize nicht mehr angeregt wird, gewinnt seine Zuckungsfähigkeit alsbald wieder, wenn er auch nur kurze Zeit von einem künstlichen Strom arteriellen Blutes durchsetzt wurde. Selbstverständlich geschieht dieses letztere nicht mehr, wenn schon die Starre eingetreten war.

Die erquickenden Wirkungen des künstlichen Stroms sind jedoch keineswegs von solcher Stärke und Nachhaltigkeit, wie man sie dem lebendigen Blute zuzuschreiben pflegt. Zunächst ist es augenfällig, dass die Zeit, während welcher das Blut die Lebenseigenschaften erhält, keine unbeschränkte ist. Füllt man das gesammte durch den Aderlass erhaltene Blut in eine Flasche und lässt von dort den Strom ununterbrochen durch den Muskel fliessen, so dass dieser letztere fortwährend mit frischem arteriellen Blute gespeist wird, so findet man denselben trotz steliger und sorgfältiger Ueberwachung nach etwa zwanzig Stunden abgestorben und ungeachtet des fortdauernden Stromes auch alsbald starr. Da das angeführte Blut, wie wir zeigen werden, zu dieser Zeit erst nur geringe Veränderungen in seinem Gasgehalt erlitten hat, so kann die Schuld des Absterbens nicht auf eine schädliche Wirkung des Blutes bezogen werden. Der Muskel ist während des Versuchs, wie kaum bemerkt zu werden braucht, vor Verdunstung geschützt.

Von diesem allmählichen Absterben zeigten sich jedoch wenigstens in den ersten 4—6 oder auch 8 Stunden seit dem Beginn des Versuchs keine Spuren, insofern man sich damit begnügt, auf die Lebenseigenschaften nur aus dem Verhalten der Reizbarkeit des unbelasteten Muskels zu schliessen.

Als Maass für die Stärke des elektrischen Reizes, welcher zum Hervorlocken der minimalen Zuckung nothwendig war,

diente auch uns der Abstand der beiden Rollen des gewöhnlichen Inductionsapparates, welcher durch einen Grove in Gang gesetzt wurde. Die Ströme wurden in den Muskel durch zwei Platindrähte übergeführt, von denen der eine in die untere Sehne eingehakt war, während der andere zu einer Schlinge umgebogen den Nerven umgriff, unmittelbar bevor sich sein oberer Ast in den Muskel einsenkte, den wir reizen wollten. In andern Fällen, wo wir die Reizung vom Nerven allein aus beabsichtigten, legten wir diesen letztern kurz vor seinem Eintritt in den Muskel auf zwei wohl isolirte Zuleitungsdrähte, die mehrere Millimeter weit von einander abstanden.

Bevor wir die Ergebnisse der Reizung mittheilen, wiederholen wir die Bemerkung, dass die betreffenden Versuche nur ausgeführt wurden, um uns von der belebenden Fähigkeit des Blutes zu überzeugen. Von diesem Gesichtspunkt aus sind also auch unsere Angaben über die beobachteten Zuckungen selbst anzusehen.

Bei dem Aufsuchen der minimalen Zuckung ergiebt sich sogleich, dass nicht alle Theile des Muskels gleich reizbar sind, namentlich sind die Unterschiede, welche m. biceps und m. semitendinosus darbieten, in der Regel sehr beträchtlich. Aber auch die verschiedenen Abschnitte desselben Muskels befinden sich auf verschiedenen Stufen der Reizbarkeit; die Abtheilungen, welche von Anfang an die höchste Reizbarkeit besassen, bewahren sie auch während der ganzen Dauer des Versuchs. Dem entsprechend bestimmten wir die Reizbarkeit durch den Rollenabstand, welcher zur Erzeugung der minimalen Zuckung in den erregbarsten Muskelstücken nothwendig war.

Die Intensität der Schläge, welche die minimale Zuckung der reizbarsten Theile auslöste, war immer eine geringe. Dieses geht daraus hervor, dass der hiezu nöthige tetanisirende Strom auf der Zunge nicht mehr empfunden wurde, selbst wenn die den Reiz zuführenden Elektroden im Gegensatz zu ihrer grösseren Entfernung am Muskel auf der Zunge nur um zwei bis vier mm. von einander abstanden.

Die Zuckung trat im Beginn des Versuchs vom Nerven aus bei einem weit grössern Abstand der Rollen ein, als vom Muskel aus; in den spätern Zeiträumen zeigte sich dagegen die Zuckung beim allmählichen Zusammenschieben der Rollen eher

vom Muskel aus als vom Nerven. und endlich fand sich ein Zeitraum ein, bei welchem man durch einen einzigen Inductionsschlag weder vom Muskel noch vom Nerven aus irgend eine Zuckung eintreten sah, obwohl die tetanische Erregung noch sehr wirksam war. Dieses für uns räthselhafte Verhalten ist indess von *E. Brücke* in einer Abhandlung aufgeklärt worden, die während des Verlaufs unserer Untersuchung erschien. Bevor wir noch durch *Brücke* wussten, dass die Contraction in Folge eines kurz dauernden Reizes darum ausbleibt, weil die Muskelnerven gelähmt sind, hatten wir durch unsere Erfahrungen belehrt schon zu der Aushilfe gegriffen, dass wir statt einen Inductionsschlag eine Reihe derselben in Anwendung brachten und dass wir diese durch den ganzen Muskel in der oben beschriebenen Weise hindurchfahren liessen.

Unter dieser Voraussetzung zeigte sich nun die Reizbarkeit in dem von uns angewendeten Muskel so lange, als der künstliche Blutstrom durch ihn ging, jedesmal viele Stunden hindurch ganz constant; nicht minder stellte sich unter dem Einströmen des Bluts die Reizbarkeit wieder in dem frühern Grade ein, auch wenn diese durch eine anhaltende Blutleere so weit herabgebracht war, dass sich gar keine Zuckungen mehr sehen liessen, selbst wenn die Rollen übereinander geschoben, der Hohlraum der primären mit Drähten ausgefüllt und statt eines zwei Elemente angesetzt worden waren. Darnach hätte man schliessen sollen, dass das Blut mindestens 6 Stunden hindurch die Muskel in voller Lebenskraft erhalten habe.

Anders gestaltet sich jedoch das Urtheil, wenn man das Verhalten des belasteten Muskels untersucht. Zur Ausführung dieses Vorhabens wählten wir in der Regel den m. semitendinosus, da er zum Unterschied von dem m. biceps aus parallel laufenden Fasern zusammengesetzt ist. Um den Muskel der Beobachtung zugänglich zu machen, wurde das Sitzbein von der Zange eines starken Halters umklammert. Die untere Sehne des frei herabhängenden Muskels ward an einen Hebel gehakt, dessen freies Ende in einen Schreibstift auslief, so dass die tetanische Contraction um das Doppelte ihrer wahren Höhe vergrössert auf das berusste Papier einer langsam rotirenden Trommel zu notiren war; an demselben Hebel hing ein Gewicht von einer verstellbaren Unterlage unterstützt, damit der Hub immer von derselben Anfangsdehnung des Muskels aus

begann. — Der Muskel selbst war von einem passenden Beutel feinen weichen Gutta-Perchapapiers umhüllt, die Zuleitung des Blutes geschah in der Regel durch die beiden Arterien. Da jedoch aus den Venen des frei herabhängenden Muskels das Blut nicht mehr so leicht hervorfliesst, wie aus denen des horizontal liegenden, so sahen wir uns öfter genöthigt, aus den schwellenden Venen das Blut mit der Hand sanft auszudrücken. Diesem etwas mangelhaften Blutstrom können wir jedoch darum die gleich zu beschreibende Abnahme der Leistungsfähigkeit nicht zurechnen, weil sich während dess die Reizbarkeit nicht vermindert hatte.

In allen auf diese Weise veranstalteten Versuchen fanden wir nun, dass mit der Zeit und mit den zugemutheten Anstrengungen die Arbeitsfähigkeit beträchtlich abnahm. Dieses drückte sich nicht allein dadurch aus, dass der im Maximum tetanisirte Muskel das angehängte Gewicht (50 bis 200 Gr.) bei den spätern Contractionen nicht mehr auf dieselbe Höhe hob, wie in den frühern, sondern auch darin, dass während des spätern Tetanus die Ermüdung rascher eintrat als in den frühern, indem das Gewicht in den spätern Contractionen zeitlicher und steiler nach der Abscisse hin herabfiel, als diess in den ersten Contractionen der Fall gewesen. Die Fig. 3 ist nach einer der Curven durchgepaust, welche auf diese Weise erhalten wurden. Die

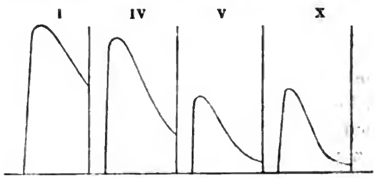


Fig. 3.

Zahlen über den tetanischen Zuckungen geben an, zum wievielten Male seit dem Beginn des Versuchs das Gewicht gehoben war. Rücksichtlich der Zeit, die wir vom Termin der vollendeten Aufhängung des Muskels an rechnen, ist zu den Curven zu bemerken, dass Tetanus I im Beginn der Zeit notirt ist; Tetanus IV 88 Minuten später; Tetanus V zur 101. Minute; Tetanus X bei 125 Minuten nach Beginn des Versuchs. — Das gehobene Gewicht betrug 200 Grammen.

Die graphische Darstellung zeigt, dass während der Reizung das Gewicht allmählich von der höchsten Höhe herabsinkt, auf die es bei Beginn derselben gestiegen war. — Bleibt dann nach unterbrochener Reizung der vom Blutstrom fortdauernd durchsetzte Muskel einige Zeit in Ruhe, so erholt sich derselbe wieder, denn es wird das Gewicht bei einer nächstfolgenden Reizung über die Höhe gehoben, auf welche es am Ende der vorhergehenden herabgesunken war. — Eine Abnahme der Hubfähigkeit gegen die des früheren Zustandes drückt sich jedoch dadurch aus, dass die maximale Höhe, auf welche das Gewicht bei Beginn der frühern Reizung gehoben wurde, im Beginn der spätern eine geringere ist. Die Unterschiede der maximalen Höhen, zu denen das Gewicht in zwei aufeinander folgenden Tetanus gehoben wird, ist in den frühern Stadien der Versuchsreihe eine grössere als in den spätern, so dass schliesslich ein Zustand eintritt, bei welchem die in grössern Pausen auf einander folgenden tetanischen Contractionen einander vollkommen gleich bleiben. Das Eintreten dieses Zeitpunkts erfolgt um so früher, je öfter nach einander der Muskel zu Anstrengungen veranlasst worden.

Das Resultat dieser letztern Versuchsreihe würde demnach kurz dahin zu fassen sein, dass der ruhende, vom Blutstrom durchflossene Muskel die ihm innewohnende Hubfähigkeit sehr viel länger auf einer der ursprünglichen gleichen Stufe bewahrt, als dieses im blutleeren Zustand geschehen wäre; es vermag auch der Blutstrom dem Muskel die Einbusse wieder zu ersetzen, die er durch Anstrengungen erlitten; dieses gelingt ihm jedoch nur in beschränktem Maasse, so dass er insbesondere nur die kleinen Verluste eines ermüdeten, nicht aber die grossen eines kräftigen Muskels auszugleichen vermag.

Von einer besondern Bedeutung für die Frage nach den belebenden Eigenschaften des Blutstromes ist das Verhalten des Muskels während der Blutleere und in der darauf folgenden Wiederherstellung des Blutstromes. Wenn der Strom des kalten Blutes unterbrochen wird nachdem er nicht länger als eine Stunde nach Ausschneiden des Muskels durch diesen letzteren geleitet war, so bedarf es jetzt einer Zeit, die bis zu drei Stunden reichen kann, bevor er seine Reizbarkeit vollkommen eingebüsst hat. Lässt man darauf das arterielle Blut wieder zutreten, so erholt sich die Reizbarkeit, wie schon bemerkt, nach

15 bis 30 Minuten wieder vollständig. Unterbricht man dann den Strom von Neuem, so verliert ein Muskel, der z. B. während der ersten Blutleere drei Stunden hierzu nöthig hatte, jetzt seine Reizbarkeit in etwa $1\frac{1}{2}$ Stunde vollständig. Ein erneutes Einleiten von arteriellem Blute stellt abermals in 15 bis 30 Minuten die Reizbarkeit wieder vollständig her. Ist diese vollkommen wiedergekehrt und wird darauf der Blutstrom zum dritten Mal unterbrochen, so schwindet jetzt die Reizbarkeit in etwa 40 bis 50 Minuten; sie lässt sich dann in derselben Zeit wie früher durch den arteriellen Blutstrom wieder herbeiführen. Daraus geht hervor, dass der Muskel den zerstörenden Einflüssen, welche während der Blutleere auf ihn wirken, um so rascher unterliegt, je öfter er schon vorher in der Blutleere seine Reizbarkeit eingebüsst hatte.

Da, wie schon wiederholt erwähnt wurde, der Muskel trotz des fortdauernden Blutstroms allmählich seine Lebenseigenschaften verliert, so könnte man vermuthen, dass die geringere Widerstandsfähigkeit des Muskels gegen die zweite und dritte Blutleere nicht von den vorhergehenden Anämien, sondern von der Schwächung bedingt sei, die der Muskel durch seinen längern Aufenthalt ausserhalb des Organismus erfahren habe. Gegen diese letztere Annahme sprechen aber andere Erfahrungen. Wir sahen nämlich wiederholt, dass der Mangel an Blut den Muskel erst nach 6, ja nach 8 Stunden um seine Reizbarkeit brachte, wenn der arterielle Strom erst dann zum ersten Male unterbrochen worden war, nachdem er seit dem Ausschneiden des Muskels nicht eine, sondern mehr als drei Stunden gedauert hatte. Nach diesem Ergebniss scheint uns die Annahme berechtigt, dass die Widerstandsfähigkeit nicht wesentlich beeinträchtigt wird durch die länger dauernde Entfernung des Muskels aus seiner natürlichen Lagerstätte. Die Analogie, welche sich zwischen der verminderten Arbeitsfähigkeit und dem Widerstand gegen die Blutleere zeigt, scheint uns demnach unverkennbar.

In dem ersten Stadium der Blutleere steigt die Reizbarkeit, die auch hier durch die Minimalzuckung bestimmt wurde, empor und zwar zuweilen sehr merklich über den Werth, den sie vor dem Beginn der Stromunterbrechung besessen hatte; alsbald aber sinkt sie, erst rasch und später allmählich auf Null herab. Längere Zeit, bevor sie auf Null sinkt, bieten die Zu-

sammenziehungen des blutleeren Muskels eine eigenthümliche Abweichung von dem des durchströmten. Beurtheilt man die Reizbarkeit nach dem Rollenabstand, der für die Erzeugung der minimalen Zuckung nothwendig ist, so erscheint öfter dieselbe noch nicht abgesunken zu sein und trotzdem zeigt sie sich als eine verminderte, wenn man die Wirkung eines stärkeren Reizes auf den blutleeren Muskel mit derjenigen vergleicht, die derselbe Reiz in dem bluthaltigen hervorbringt. Nähert man die Rolle aus dem Abstand, welcher die minimale Zuckung hervorbrachte, nur um wenige Millimeter gegen die primäre, so wird, vorausgesetzt dass ein bluthaltiger Muskel zwischen den Elektroden liegt, die Zuckung sogleich eine allgemeine und kräftige. Wenn dagegen der Muskel eingeschaltet ist, der schon das Stadium der gesteigerten Reizbarkeit überschritten hat, aber noch die minimale Zuckung zeigt, bei einem Rollenabstand, der nahezu eben so gross ist wie der, welchen auch der bluthaltige Muskel, um minimal zu zucken, nöthig hat, so findet man jetzt, dass durch eine Näherung der beiden Rollen keine Verstärkung der Zuckung mehr eintritt. Die Zuckung verbreitet sich zwar über alle Fasern, aber es kommt keine irgendwie beträchtliche Verkürzung der Muskeln zu Stande, häufig selbst dann nicht, wenn auch die beiden Rollen ganz übereinander geschoben wurden; demnach wäre der blutleere Muskel nur noch zu unkräftigen Zuckungen zu bewegen, trotzdem dass er nach der Aussage der minimalen Zuckung noch den Anschein eines sehr reizbaren besitzt.

Der ausgeschnittene und längere Zeit von kühlem Blut durchsetzte Muskel verliert, wenn er nun blutleer gemacht wird, nicht alsbald seine Arbeitsfähigkeit. Wird der Muskel kurze Zeit nach dem Aufhören des Stroms mit einem Gewicht belastet und nun zu einer tetanischen Contraction gezwungen, so hebt er das Gewicht anfänglich auf eine beträchtliche Höhe und lässt es dann während der dauernden Erregung tiefer und tiefer absinken. Wird darauf der tetanisirte Reiz unterbrochen, nachdem der Muskel nahebei zu seiner natürlichen Länge zurückgekehrt ist, so erholt er sich in der darauffolgenden Zeit der Ruhe ebenfalls wieder beträchtlich; denn wenn nach der letztern der Reiz von Neuem eingeleitet wird, so geht das Gewicht weit über die Höhe empor, auf die es zu Ende des vorhergehenden Tetanus herabgesunken war. — Hieraus folgt,

dass der blutleere Muskel des Säugethiers ebenso wie der des Frosches die Reizungspause zu einer theilweisen Ausgleichung der Ermüdung benutzen kann, aber es würde fehlerhaft sein, aus dieser Thatsache schliessen zu wollen, dass die Arbeitskraft sich in den Ruhezeiten am blutleeren Muskel eben so vollständig herstellen könnte als am bluthaltigen. Für die Mithülfe des Blutes an der Wiederherstellung der Arbeitskraft spricht am unverfänglichsten die Erscheinungsreihe, unter welcher die Fähigkeit Gewichte zu heben zurückkehrt, wenn der Muskel durch eine anhaltende Blutleere erschöpft war. Eröffnet man, nachdem das letztere geschehen, den Blutstrom von Neuem und reizt man, nachdem die Erregbarkeit zurückgekehrt ist, den belasteten Muskel, so wird anfänglich das Gewicht kaum über die Abscisse gehoben. Wiederholt man, während der Blutstrom fortwährend fliesst, die elektrische Reizung und zwar in gleicher Weise und Dauer wie vorher von Neuem, so wird jetzt das Gewicht schon merklich höher emporgetrieben. Bei einer spätern Reizung, die nach einem Ruhezustand von mehreren Minuten eingeleitet wird, steigt das Gewicht abermals über den frühern Maximalwerth und erreicht jetzt oder in einer spätern Reizung die Höhe, über die es auch in allen folgenden Erregungen nicht mehr emporgebracht werden kann. Diese Thatsachen beweisen also, dass sich die Arbeitskraft des vollkommen erschöpften Muskels unter der Mitwirkung des Blutes ganz allmählich bis zu einem nicht überschreitbaren Maximum wiederherstellt. In unsern allerdings wenig zahlreichen Versuchen war jedoch die maximale Hubhöhe nach der Wiedererholung des blutleeren Muskels nie so hoch, als die niedrigste der maximalen Hubhöhen, welche der Muskel vor dem Aufhören des Blutstromes geliefert hatte. Die Erscheinungen, die wir soeben beschrieben haben, werden durch Fig. 4 erläutert.

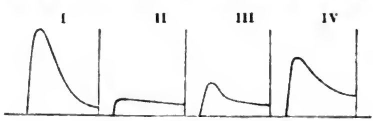


Fig. 4.

Tetanus I ist unmittelbar vor Beendigung des Blutstromes bei einer Belastung von 200 Gr. gezeichnet; darauf wurde während

115 Minuten der Blutstrom unterbrochen, bis sehr starke Reize keine Zuckung mehr hervorriefen. Nachdem der Blutstrom 10 Minuten durchgeleitet war, kam durch eine Stromstärke, wie sie bei I wirksam gewesen, der Tetanus II, nach weitern 15 Minuten der Tetanus III und nach noch weitern 15 Minuten, also 40 Minuten seit Wiederbeginn des Blutstroms, Tetanus IV zu Stande, welcher das Maximum für den wiedererholten Muskel gab.

Ein anderer Versuch ist durch die nachstehende Tabelle dargestellt. In dieser wurde der Blutstrom einmal vorübergehend unterbrochen und dann wieder in Gang gesetzt, ehe noch die Fähigkeit das Gewicht zu heben erloschen war. Während der Stromunterbrechung wurde zweimal tetanische Reizung eingeleitet, darauf wurden, nachdem der Blutstrom einige Zeit in Gang gesetzt war, wiederum zwei tetanische Zuckungen erregt und nun abermals der Blutstrom unterbrochen, 28 Minuten nach Beginn der Unterbrechung wurde ein Tetanus erzeugt, der das Gewicht noch beträchtlich hob; 80 Minuten nach Beginn der Unterbrechung hob der Muskel das Gewicht nicht mehr. Als darauf der Strom 65 Minuten wieder hindurchgegangen war, hob eine eingeleitete tetanische Zuckung das Gewicht wieder um 2 mm., 5 Minuten nachher schon um 5,5 mm. und 32 Minuten später um 6,5 mm. Ueber diese Höhe hinaus konnte das Gewicht auch bei fortgesetzter Durchleitung des Stroms nicht gehoben werden; als dagegen inzwischen ein Tetanus ohne Belastung eingeleitet wurde, verkürzte sich der Muskel um 28,5 Millimeter. — Im ersten Stab der folgenden Tabelle sind die Minuten eingetragen, welche seit dem Zeitpunkt verstrichen sind, bei dem der künstliche Blutstrom begann. Im zweiten Stab stehen die grössten Höhen, auf welche das Gewicht von der Abscisse aus emporgestiegen war; im dritten Stab steht diejenige Höhe, auf welche das Gewicht nach Beendigung der ungleich lange dauernden Reizung herabgesunken war. Im vierten Stabe ist die Höhe eingetragen, auf welche das Gewicht nach einer bei allen Hüben gleichlangen Dauer der Reizung herabkam. Nach diesen Mittheilungen dürften die Zahlen ein genügendes Beispiel für die Ableitungen sein, welche oben gegeben wurden.

Zeit vom Beginn des kunstl. Stroms.	Maximale Höhe in Millim.	Minimale Höhe in Millim.	Höhe in Millim. nach 30 Mm. Umgang der Trommel.	Blutstrom.	Bemerkungen.
12 Min.	38,7	5,2	34,0	im Gang	Musc. semitendinosus. Längste Faser = 146 mm. Angehängtes Gewicht = 200 Gr. Die hier verzeichnet. Höhen sind d. wirklich vom Muskel durchlaufenen.
31	30,0	12,0	23,0		
39	22,7	6,7	13,0	unterbrochen	
44	16,0	4,0	10,5		
51	13,0	4,0	8,7	im Gang	
56	11,5	2,7	7,2		
94	8,5	3,7	6,2	unterbrochen	
136	0,0	—	—		
191	Spuren	—	—	im Gang	
206	2,7	1	1,2		
238	3,2	1	1,2		
252	3,0	1,5	1,5		
253	14,2	5,5	9,5		ohne Belastung.
278	3,2	1	1,5		

Bei der Durchleitung von O-armem Blut, gleichgültig ob der O vom erstickenden Thier oder durch Schütteln mit Eisen weggenommen war, verhielt sich der Muskel wie während der Blutleere. Die vorhandene Reizbarkeit starb allmählich ab und die einmal, sei es durch Reiz- oder Blutleere verloren gegangene kehrte nicht wieder. Auch darin glich die Wirkung des O-armen Blutes derjenigen der Anämie, dass die Zeiten, welche der Muskel bedurfte, um während der Anwesenheit des O-armen Blutes seine Reizbarkeit einzubüssen, jedes folgende Mal kürzer wurden, wenn alternirend O-reiches und O-armes Blut bis zur Austilgung, beziehungsweise bis zur Wiederherstellung der Reizbarkeit durch ihn geleitet wurde. Wie es hiernach gewiss ist, dass das O-arme Blut die Wiederherstellung der Reizbarkeit nicht bewirken kann und dass in dieser Beziehung kein Unterschied zwischen Erstickungs- und reducirtem Blut besteht, so ist es uns auch mindestens unwahrscheinlich geworden, dass die Anwesenheit des Erstickungsblutes die Reizbarkeit rascher zerstöre als die des reducirten. Statt des kühlen Blutes haben wir auch einige Mal Blut von 35 bis 40 Gr. angewendet. Wir sahen aus dieser Complication des Versuchs keinen Vortheil erwachsen rücksichtlich der Befähigung dieser höher temperirten Flüssigkeit für die Erhaltung und Stärkung der Lebenseigenschaften. Umgekehrt fanden wir, dass der

Muskel dem schädlichen Einfluss während der Blutleere weniger gut als bei der Anwendung des kalten Blutes widerstand. Wir haben desshalb die Durchleitung eines warmen Blutes nicht weiter fortgesetzt.

Betrachtet man den Muskel von dem Gesichtspunkte der Thatsachen, welche die Durchleitung des Blutes ergeben haben. so scheint es, als ob sich die im Innern des Muskels vorhandenen, seine vollen Lebenseigenschaften bedingenden Ursachen in zwei Gruppen spalten liessen. Die eine derselben, welche die Reizbarkeit zur Folge hat, wird durch das strömende Blut lange Zeit auf ihrem normalen Bestand erhalten, und wenn sie verloren war, auch wieder vollkommen hergestellt. Die andere Gruppe wird dagegen, wenn sie einmal ihre Wirksamkeit verloren, durch den Blutstrom wieder wirksam, aber in viel minderem Grade als sie es ursprünglich gewesen. Dem entsprechend ist auch der künstliche Blutstrom nicht im Stande diese Gruppe auf dem ursprünglichen Grad ihrer Leistungsfähigkeit zu erhalten; sie geht allmählich, trotz des dauernden Blutstromes, zu Grunde, was jedoch weitaus langsamer geschieht als wenn der Muskel blutleer gelassen wird.

Das kühle arterielle faserstofffreie, den Einwirkungen anderer thierischen Organe entzogene Blut wirkt also anders als das lebendige. Aber immerhin ist das erstgenannte Blut befähigt, den Muskel lange Zeit auf einem hohen Grade von Reizbarkeit und auf einem niedrigen der Leistungsfähigkeit zu erhalten, so dass der Gasaustausch, dessen Studium wir uns vorgesetzt hatten, auch am ausgeschnittenen Muskel unter ähnlichen Bedingungen wie im Leben geschehen durfte. Unser Muskel scheint dem ermüdeten lebendigen am nächsten zu stehen.

5. Die Gewinnung der Blutgase. — Die Methoden, mit welchen die Gase gewonnen und analysirt wurden, waren die bekannten. Bevor wir die mit ihnen erhaltenen Resultate aufzählen, müssen wir noch ein Bedenken besprechen, das sich rücksichtlich der Diffusion erhebt, welche den Gasen des Bluts ermöglicht war auf dem kurzen Wege des letztern von dem Muskel bis in die Glasröhren. In den Versuchen, die wir zum Gewinnen des Blutes für die Gasanalyse benutzten, lag der Muskel, wie in Fig. 1 zu sehen ist, in einem zugedeckten Glasteller, so dass diejenige seiner Fläche, durch welche die Blutgefässe ein- und austraten, von Luft umspühlt wurde. Diese

Luft musste nothwendigerweise in einen Tauschverkehr zu den Gasen des Blutes treten. Wir haben uns in der That davon überzeugt, dass die Luft innerhalb des Tellers einen geringern O- und einen grössern CO_2-Gehalt als die atmosphärische besass, nachdem der Muskel einige Stunden in diesem hermetisch geschlossenen Raume gelegen hatte. Diesem Uebelstand und den daraus fliessenden Befürchtungen wäre leicht abzuhelfen gewesen, wenn der Muskel in eine anschliessende Hülle von fein gewalzter Gutta-Percha eingeschlossen worden wäre. Zu dieser Massregel konnten wir uns jedoch nicht entschliessen. weil durch sie eine sorgfältige Ueberwachung der Muskelfläche unmöglich gemacht worden wäre, wie sie doch wegen des drohenden Eintritts einer Blutung und zur Prüfung der Reizbarkeit nothwendig war. Zudem schien uns auch der voraussichtliche Fehler nicht allzu bedenklich. Das Blut, welches durch die Arterien einfloss, war schon beim Defibriniren und den übrigen Vorbereitungen so anhaltend mit Luft geschüttelt worden, dass es entweder nahezu oder vollständig mit O gesättigt wurde, und ebenso war ihm bei jenen Vorbereitungen so viel CO_2 entzogen worden, dass der noch verbleibende Rückstand ein zu fest gebundener sein musste um durch die dichten Arterienwandungen auf der kurzen Wegstrecke von der Canüle bis in das Innere des Muskels merklich zu diffundiren. — In ungünstigen Verhältnissen befand sich das Blut, welches aus dem Muskel durch die dünnwandigern Venen arm an O und reich an CO_2 zurückkam. Obwohl uns die Ueberlegung nicht fern stand, dass das von seiner vollen Sättigung mit Sauerstoff weiter abstehende Venenblut zur Aufnahme von atmosphärischem O sehr geeignet sei, so haben wir doch rücksichtlich dieses Gases alle Bedenken schwinden lassen, nachdem wir gefunden, dass das in langsamem Strome durch den Muskel fliessende O-freie Blut auch in unserm Sammelgefäss O-frei anlangte. Wenn also das mit den grössten Absorptionskräften begabte Blut während eines längern Aufenthaltes in den Venen keinen Sauerstoff aufnimmt, so wird dieses noch viel weniger von andern theilweise mit O gesättigten und rascher abfliessenden Blutarten angenommen werden dürfen. — Bedenklicher gestaltet sich die Sache für die CO_2, vorzugsweise darum, weil dieses Gas bekanntlich viel leichter als der O die mit Wasser getränkten Häute durchsetzt. Darum kann die Möglichkeit nicht bestritten werden, dass

ein Theil der Blut-CO_2 ausgetreten sei. Weil wir vom Gegentheil keine Gewissheit besitzen, so legen wir auf sonst bemerkenswerthe Versuche kein besonderes Gewicht. So findet sich u. A. unter den Beobachtungen mit Erstickungsblut eine, in welcher das aus dem Muskel zurückkehrende Blut ärmer an CO_2 war als das in ihn eingeführte. Da das zugeführte Blut ungewöhnlich reich an CO_2 war, so liesse sich ein Verlust an diesem Gase auch durch eine Absorption desselben von Seiten der Muskelflüssigkeiten erklären. Ebensowenig wie auf diesen Versuch legen wir jetzt schon einen Werth auf die absoluten Quantitäten von CO_2, welche wir in dem aus dem Muskel zurückkehrenden Blute auffanden. Auch die relativen Werthe der aus dem Muskel stammenden CO_2 berücksichtigen wir nur dann, wenn sie mit einem der zu vergleichenden Venenblutarten einen annähernd gleichen Gehalt an CO_2 darboten und wenn sie mit sehr annähernd gleicher Geschwindigkeit durch die Vene geflossen waren. Unter diesen Umständen durften wohl die aus dem Venenblut bestimmten CO_2-Mengen zu einer Vergleichung der vom Muskel gelieferten benutzt werden, da alsdann ein von der Diffusion herrührender Fehler in beiden Fällen von sehr annähernd gleicher Grösse sein musste.

Die Richtungen, nach welchen die Durchströmungsversuche zu variiren waren, sind gegeben durch die Eigenschaften des Stroms, den Gasgehalt des Blutes und die Zustände des Muskels. Von der grossen Zahl von Versuchen, die hierdurch vorgeschrieben sind, haben wir nur einen kleinen Theil ausgeführt; unter den angestellten befinden sich jedoch solche nach einer jeden der bezeichneten Richtungen hin.

Wir beginnen unsere Mittheilungen mit den Erfahrungen, die wir über den O-Verbrauch gewonnen haben.

6. Verbrauch von Sauerstoff mit der Aenderung der Stromgeschwindigkeit. — Um den Einfluss der Stromgeschwindigkeit des Blutes auf den O-Verbrauch festzustellen, müssen der Muskel und das arterielle Blut, mit welchem die Versuche ausgeführt werden, genau dieselben sein. Dieser Forderung ist für das Blut ohne Schwierigkeit Genüge zu leisten, fraglicher erscheint diese Möglichkeit für den Muskel, da er sich mit der Zeit ändert. Um den Einfluss, welchen die Aenderung der Muskelstoffe mit sich führt, zu eliminiren, haben wir durch denselben Muskel mehrmals hintereinander das Blut mit ver-

schiedener Geschwindigkeit strömen lassen. Der Versuch selbst wurde so geleitet, dass der Blutstrom, bevor noch die zur Analyse bestimmte Portion aufgefangen wurde, jedesmal längere Zeit etwa 10 Minuten mit der Geschwindigkeit floss, die ihm während der Zeit zugetheilt werden sollte, in der die zur Analyse dienende Probe aufzufangen war. War diese letztere gesammelt, so wurde alsbald die Geschwindigkeit des Stromes so weit geändert, wie wir sie beim Auffangen der zweiten Probe zu haben wünschten. Bevor das Blut bei der neuen Geschwindigkeit über *Hg* aufgesammelt wurde, ward das aus den Venen kommende so lange weggelassen, bis wir erwarten konnten, dass das mit der neuen Geschwindigkeit einströmende Blut aus dem Muskel und den Zuleitungsröhren die Portionen verdrängt hatte, welche von der frühern Durchleitung her darin angehäuft waren. — Der Muskel selbst blieb während der ganzen Versuchsdauer in Ruhe. Vor Beginn und nach Beendigung des Versuchs wurde die Reizbarkeit durch die Minimalzuckung geprüft. Wir bemerken ein- und für allemal, dass sie sich unverändert erhalten hatte.

Nr. d. V.	Muskel-gewicht.	Zeit in Min. v. Beginn d. 1. Sammlens.	Durchgeg. Blutvolum in 1 Minute.	O-Verbr. in 1 Minute.	O-Gehalt d. Venenbluts.	O-Gehalt des Arterienbluts.
I.	211 Gr.	0—12	2,25 CbC.	0,19 CbC.	5,58	13,20
		36—66	1,03	0,09	4,02	
		79—90	2,91	0,21	5,85	
		108—137	1,08	0,08	5,43	
II.	200 Gr.	0—12	2,41	0,17	6,40	12,91
		38—74	0,86	0,07	4,15	
		80—91	2,90	0,21	5,83	
		105—138	0,94	0,07	5,48	
		150—164	2,21	0,14	6,42	
		186—223	0,85	0,06	6,44	
III.	135 Gr.	0—21	1,52	0,08	12,05	17,54
		31—78	0,69	0,04	11,17	
		168—195	1,30	0,14	5,87	
		267—319	0,58	0,05	9,35	
		379—401	1,37	0,09	10,75	
IV.		0—29	1,03	0,06	9,28	14,70
		54—112	0,51	0,05	5,90	
		292—323	0,93	0,08	6,93	
		354—412	0,57	0,04	6,98	
V.	152 Gr.	0—8.5	3,53	0,21	13,59	19,52
		20—47	1,11	0,10	10,60	
		55—64	3,39	0,19	13,41	
		72—99	1,11	0,07	12,81	

Da die Bedeutung der Zahlen aus den Ueberschriften der Stäbe zur Genüge klar sein durfte, so können wir sogleich zur Betrachtung ihres Inhaltes übergehen. Die vorstehende Reihe zeigt nun ganz unzweifelhaft, dass der Muskel in der Zeiteinheit dem Blute um so mehr O entzieht, je rascher das letztere durch ihn fliesst. Das specifische, mit der Zeit veränderliche O-Bedürfniss, das jeder der fünf angewendeten Muskeln dargeboten haben mag, tritt, wie erkennbar, gegen den Einfluss der veränderlichen Stromgeschwindigkeit vollkommen in den Hintergrund, wenn die Unterschiede dieser letztern nur einigermassen bedeutend sind. Das ungleiche O-Bedürfniss leuchtet dagegen noch hervor, wenn die Unterschiede der Geschwindigkeit nur geringe sind; Beispiele hierfür finden sich im III. und IV. Versuch.

Bei der Klarheit, mit welcher in den vorstehenden Versuchen der Einfluss der Stromgeschwindigkeit auf den O-Verbrauch im Muskel hervortritt, hielten wir es für überflüssig, die Zahl unserer Versuche nach dieser Richtung hin noch weiter zu vermehren. Dieser Entschluss wurde uns um so leichter, weil wir auch noch wiederholt bei Versuchen, die ein anderes Ziel im Auge hatten, auf dieselbe Regel stiessen.

Der Einfluss, den die Stromgeschwindigkeit auf den O-Verbrauch übt, dürfte sich am einfachsten dadurch erklären lassen, dass es von ihr abhängt, wie weit sich der procentische O-Gehalt des venösen Blutes von dem des arteriellen entfernen kann, beziehungsweise wie gross der mittlere Procentgehalt des im Muskel anwesenden Blutes an O ist. — Denn da der Muskel dem Blute allen O bis zum Verschwinden desselben entziehen kann, so lässt sich erwarten, dass das rascher durchfliessende sich einen grösseren Sauerstoffgehalt gerettet hat als das langsamer bewegte. Dieses bestätigt sich, wenn wir den in der vierten Zahlenreihe eingeschriebenen O-Gehalt des venösen Blutes betrachten; wir finden dort, dass von zwei unmittelbar hinter einander folgenden Zahlen, d. h. von solchen, die sich auf zwei durch geringe Zeiträume von einander getrennte Versuche beziehen, diejenige jedesmal die grössere ist, welche dem raschern Strom entspricht.

Hiervon findet sich nur ein Mal eine Ausnahme in III. Hiernach dürfte der Schluss berechtigt sein, dass der Muskel den

Sauerstoff aus dem Blut um so rascher entfernt, je reichlicher er in dem letzteren vertreten ist.

Eine Vergleichung der Sauerstoffprocente des venösen Blutes mit dem O-Verbrauche in einer Minute führt aber noch einen kleinen Schritt weiter. Die obigen Mittheilungen ergeben nämlich, dass die beiden Zahlen für das Verhältniss, in welchem bei zwei mit einander verglichenen Beobachtungen einerseits die Stromgeschwindigkeiten, anderseits die O-Verbrauche zu einander stehen, annähernd dieselben sind; dieses ist mindestens in gewissen Grenzen der Fall. So stehen u. A., um ein Beispiel herauszugreifen, in Beobachtung I, Durchleitung 3 und 4, die Geschwindigkeiten des Stroms im Verhältniss von 1 : 2,6 und die O-Verbrauche in der Minute wie 1:2,7. Ganz anders gestaltet sich die Sache bei einer Vergleichung der O-Procente in den zugehörigen venösen Blutarten; sie sind nur wenig von einander verschieden, denn sie verhalten sich wie 1:0,93. — Diese sich stetig wiederholende Erscheinung scheint zu ergeben, dass sich der Muskel der verschiedenen O-Antheile, welche die Scheiben tragen, mit ungleicher Leichtigkeit bemächtigt, entweder weil die in den tiefern Schichten des Scheibchens gelegenen O-Massen schwerer zugänglich sind, oder weil der an dem Hämoglobin noch haftende O-Rest mit grösserer Festigkeit gebunden wird; jedenfalls nimmt die Fähigkeit des Muskels dem Blute O zu entziehen weit rascher ab als der Gehalt desselben an diesem Bestandtheile.

Die in dem Vorstehenden aufgedeckte Beziehung zwischen dem Gehalt des Blutes an O und dem Verbrauch desselben innerhalb des Muskels könnte man zunächst in Parallele setzen wollen mit der von *L. Hermann* betonten Sauerstoffzehrung, welche der ausgeschnittene, blutleere Froschmuskel erleidet, wenn er im sauerstoffhaltigen Raume hängt. — Der ausgeschnittene blutleere Froschmuskel stirbt im O-freien und O-haltigen Raume ab; also liegt dem Absterben ein Vorgang zu Grunde, dessen schliesslicher Ablauf durch den anwesenden Sauerstoff weder bedingt, noch aufgehoben wird. Da aber dünnere Muskeln rascher, dickere langsamer in O-haltiger Luft absterben als in O-freier, so schliesst *L. Hermann*, dass der O auf den Ablauf des Absterbens von Einfluss sei und zwar so, dass eine der Verbindungen, die er eingehe, erhaltend, eine andre aber zerstörend

wirke. Die letztere erhalte das Uebergewicht, wo der Sauerstoff ungehindert zutreten könne.

Vergleichen wir hiemit die Wirkungen des arteriellen Blutstroms, so sehen wir allerdings auch hier, dass der Muskel mit und ohne Blut abstirbt. Aber unter dem Zutritt des sauerstoffhaltigen Blutes erhält sich der Muskel 17 bis 20 Stunden länger reizbar, als wenn er blutleer bleibt oder wenn ihm nur O-freies Blut geboten wird. Das muss man doch eine erhaltende Wirkung des O's nennen. Besteht daneben eine zerstörende, so muss diese in einem ganz andern Verhältniss zur erhaltenden stehen, als sie der in der Luft hängende Froschmuskel gewahren lässt, denn sonst müsste der Blutstrom, welcher den Muskel bis zu mikroskopischen Dimensionen herab mit O mischt, rasch absterben. Besteht dennoch eine Analogie zwischen den von *Hermann* und uns beobachteten Vorgängen, so dürfte es schwer fallen sie darzulegen, solange man auf die Wirkungen des Sauerstoffs nur durch die Reactionen der erregbaren Substanzen schliessen kann.

Wie dem auch sei, jedenfalls lehren die von uns beobachteten Thatsachen, dass das durch den Muskel strömende Blut ausgedehntere Oxydationen einleitet, als sie zur Erhaltung der Reizbarkeit beziehungsweise zur Verlangsamung ihres Absterbens nöthig sind. Dieses ergiebt sich daraus, weil der Muskel auf vollkommen gleicher Stufe der Erregbarkeit verharrte, mochte der Blutstrom rascher oder langsamer fliessen: ja er behauptet dieselbe sogar, selbst wenn der Blutstrom längere Zeit unterbrochen war. Ebensowenig aber, wie die Reizbarkeit durch die lebhaftere Oxydation anstieg, ebensowenig wurde sie auch durch dieselbe beeinträchtigt, wie dieses aus Versuch III und IV (pag. 43) hervorgeht, bei denen wir während mehrerer Stunden den Strom fortwährend mit der grössern Geschwindigkeit fliessen liessen.

Demnach besteht im Gegensatz zu den bisherigen A n n a h m e n i n n e r h a l b d e s M u s k e l s e i n e e i g e n t h ü m l i c h e R e s p i r a t i o n, d i e u n a b h ä n g i g v o n d e n s o g. L e b e n s v o r g ä n g e n d e r c o n t r a c t i l e n S t o f f e a b l ä u f t.

Betrachtet man die Bedingungen, unter denen sie vor sich geht, so kann man sich kaum der Vermuthung erwehren, dass ein Theil des Sauerstoffverbrauchs innerhalb der Blutgefässe selbst stattfinde, wobei es natürlich zunächst unentschieden

bleiben muss, ob, wie *Hoppe-Seyler* will, die Blutgefässwandungen oder ob irgend welche andre Umstände die Oxydation einleiten. Vergegenwärtigt man sich namentlich die Zeit, in welcher der O verschwindet, so erscheint sie kaum ausreichend, um auf dem Wege der Diffusion den reichlichen Austritt von O aus den Scheiben durch die Gefässwand hindurch zu ermöglichen.

Sollten künftige Untersuchungen lehren, dass auch in andern Capillarbezirken als in denen des Muskels der O-Verbrauch mit der Stromgeschwindigkeit des Blutes beziehungsweise mit dem O-Gehalt des letztern wachse, so würde die veränderliche Geschwindigkeit des Blutstroms eine bis dahin unerwartete Bedeutung gewinnen. Manche unbewiesene Behauptung würde in das Bereich der Thatsachen treten, wie z. B. die von *Cl. Bernard* befürwortete Wärmebildung nach Durchschneidung des n. sympathicus; und manche sichere Erfahrung würde anders zu deuten sein, wie z. B. die grössere Wärme des Blutes, das aus der thätigen Speicheldrüse oder aus einem entzündeten Glied zurückströmt.

Wir kehren zu unsern Versuchen zurück. Der Annahme, dass die Stromgeschwindigkeit desshalb maassgebend für den O-Verbrauch sei, weil sie den procentischen O-Gehalt des Muskelblutes regele, erwächst eine Bestätigung durch die folgenden Versuche, in welchen das mit ungleichem O-Gehalt begabte, im Uebrigen aber gleichartige Blut mit derselben Geschwindigkeit durch den Muskel floss.

Nr. d. V.	Muskelgewicht.	Zeit.	Blutvolum für 1 Min.	O-Verbrauch in 1 Minute.	O-Gehalt d. venösen Bluts.	O-Gehalt des art. Bluts.
1	?	0—104	0,28	0,001	0,00	0,47
		104—199	0,30	0,046	3,45	16,30
	194 Gr.	85—154	0,42	0,001	0,43	0,62
		198—260	0,43	0,038	7,14	15,04
		270—315	0,58	0,036	9,08	

Diese beiden Versuche halten wir ausser dem schon angeführten Grunde noch darum für der Erwähnung werth, weil sie, sich gegenseitig beleuchtend, zeigen, dass der ausgeschnittene Muskel dem Blute zwar die letzten Spuren von O entziehen

kann (I), dass aber dieses ganz ungemein langsam geschieht, da in II das venöse Blut trotz seiner geringen Stromgeschwindigkeit noch einen merklichen Antheil von O enthielt.

7. Sauerstoffverbrauch in verschiedenen Muskelzuständen. Den Einfluss, welchen die veränderlichen Zustände des Muskels auf den O-Verbrauch üben, haben wir namentlich untersucht: für die gleichnamigen Muskeln verschiedener Thiere im Maximum ihrer Reizbarkeit; für die Zustände der Ruhe, der Zuckung, der Ermüdung, der Erholung, der Starre und endlich für verschiedene Zeitabstände vom Beginn des Versuchs.

a. Um klar darzustellen, ob von der Gewichtseinheit gleichnamiger Muskeln, die verschiedenen Thieren entnommen sind, ungleiche Mengen von O verzehrt werden, müsste man selbstverständlich durch die aus den verschiedenen Thieren entnommenen Muskeln dasselbe Blut leiten. Ausserdem müssten die verschiedenen Muskeln sich in gleichen Zuständen, z. B. dem Maximum ihrer Reizbarkeit befinden, oder es müssten statt dessen mindestens die bestehenden Verschiedenheiten in den Lebenseigenschaften nach einem gemeinsamen Maassstab auszudrücken sein, und endlich es müsste die Geschwindigkeit des Stromes in allen Fällen die gleiche sein. Diesen Forderungen ist wiederum selbstverständlich keineswegs genügt in den Versuchen, welchen die folgenden Zahlen entnommen sind.

Sämmtliche Durchleitungen, die zu der folgenden Zusammenstellung benutzt sind, waren die ersten definitiven, welche an dem ausgeschnittenen Muskel vorgenommen wurden, sie sind demnach an Muskeln ausgeführt, die sich im Maximum der Reizbarkeit und Leistungsfähigkeit fanden, welche während der Versuchsdauer jedem der angewendeten Muskel zukam. Aus den bekannten Angaben ist die Stromgeschwindigkeit und der O-Verbrauch für 100 Gr. Muskelsubstanz berechnet, die Zahlen sind dann in absteigender Reihe nach der Grösse des Blutvolums geordnet, welche in einer Minute durch 100 Gr. Muskel geflossen war.

	Blut durchgegangen in 1 Minute.	O-Verbrauch in 1 Minute.	O-Gehalt in 100 art. Blut.
1	5,68	0,151	13,97
2	2,32	0,138	19,52
3	1,32	0,079	15,94
4	1,30	0,100	16,52
5	1,21	0,090	13,20
6	1,12	0,059	17,54
7	1,11	0,110	14,90
8	0,80	0,052	15,04
9	0,46	0,033	15,47

In diesen Zahlen spricht sich abermals das Gesetz aus, dass mit der Geschwindigkeit des Stroms auch der O-Verbrauch wächst. Zugleich aber leuchtet die specifische Wirkung der an dem Versuch betheiligten Stoffe (Muskel und Blut) hervor. So haben z. B. zwei Paare von Versuchen, nämlich 3 und 4 und andererseits 6 und 7 untereinander sehr annähernd gleiche Geschwindigkeit und doch ist ihr O-Verbrauch auffällig verschieden. Bemerkenswerther Weise strömte durch den Muskel 6, der etwa nur die Hälfte des O's band, wie Muskel 7, auch noch ein viel O-reicheres Blut, so dass die im sechsten Falle verminderte Zehrung an O keinesfalls abgeleitet werden kann von einem geringern Gehalt des Blutes an dieser Substanz. Da es jedoch nicht ausgemacht ist, ob das Blut nur durch seinen O-Gehalt für unsern Vorgang von Bedeutung ist, so müssen wir es unentschieden lassen, ob den Besonderheiten des Muskels der ungleiche O-Verbrauch bei gleicher Stromgeschwindigkeit zu verdanken ist.

b. Wir schreiten jetzt zu einem Vergleich des O-Verbrauchs während der Ruhe, der Zuckung und der durch letztere herbeigeführten Ermüdung. Bei diesen Versuchen wurde in den verschiedenen Zuständen je eines Muskels immer dasselbe Blut durchgeführt, auch wurde die Stromgeschwindigkeit möglichst gleich erhalten. Um dieses letztere zu erreichen bedarf es grosser Sorgfalt, da, wie schon früher erwähnt, der Muskel während der Ruhe, der Zuckung und der Ermüdung dem Strome verschiedenartige Hindernisse entgegensetzt. Dieser Umstand mag es erklären, dass in den folgenden Versuchen eine nicht noch vollkommnere Gleichheit der Geschwindigkeit erzielt wurde. — Die Zuckungen wurden bei

den mitzutheilenden Versuchen dadurch erzeugt, dass durch den ganzen Muskel elektrische Schläge geschickt wurden, die ihn durchweg in heftige Zuckungen versetzten. Der Reiz wurde verstärkt, wenn die Energie der Zuckungen nachliess. Um den Muskel während der Beobachtungszeit möglichst auszunutzen, wurden die Zuckungen nicht ununterbrochen erregt, sondern er wurde nur je während einer Secunde oder etwas länger tetanisirt und dann die Reizung eben so lange unterbrochen, so dass der Muskel etwa während der Hälfte der Beobachtungszeit in Contraction verharrte. Zum Schluss des Versuchs sahen wir, trotz der auf eine grosse Stärke gebrachten Reize, den Muskel viel schwächer zucken als Anfangs. — Beim Aufsammeln des zu untersuchenden Blutes wendeten wir die Vorsicht an, dass wir vom zweiten der mitgetheilten Versuche an die Reizung früher als das Auffangen des Zuckungsblutes beginnen liessen, damit während dieser vorgängigen Zuckung das Blut aus dem Muskel entfernt wurde, welches er noch von der frühern beim Ruhezustand erfolgten Zuleitung zurückgehalten. Eben so verdrängten wir durch den Blutstrom den blutigen Inhalt des Muskels, bevor wir nach beendeter Reizung das Ermüdungsblut auffingen. — Die Zeit der folgenden Tabelle ist vom Beginn des ersten Auffangens gerechnet.

Nr d. V.	Zeit.	Durchgeg. Blutvolum in 1 Min.	O-Verbr. in 1 Min. in CbC. bei 0° u. 1 Mt. *Hg*.	Zustand d. Muskels.	O-Gehalt des venös. Blutes in 100 Thln.	Muskelgewicht.
I.	0—20	2,18 CbC.	0,071 CbC.	ruhend	10,74	
	20—40	2,32	0,170	zuckend	6,70	
	40—61	2,16	0,124	ermüdet	8,25	
II	0—42 *)	0.74	0,050	ruhend	8,58	153 Gr.
	75—116	0,75	0,051	zuckend	8,75	
	124—172	0,68	0,035	ermüdet	10,04	
	178—214	0,85	0,038	ruhend	11,02	
III.	0—10	3,00	0,183	ruhend	9,89	227 Gr.
	30—46	1,95	0,216	zuckend	4,15	
	50—60	3,01	0,264	zuckend	7,20	
	90—100	2,98	0,272	ermüdet	6,82	
	104—119	2,68	0,182	ruhend	9,17	

*) Durch vorausgegangene 1/4stünd. Blutleere vielleicht etwas ermüdet.

Nr. d. V.	Zeit.	Durchgeg. Blutvolum in 1 Min.	O-Verbr. in 1 Min. in CbC. bei 0° in 1 Mt. *Hg*.	Zustand d. Muskels.	O-Gehalt des venös Blutes in 100 Thln	Muskelgewicht.
IV.	0—12,5	2,40CbC.	0,19CbC.	ruhend	6,83	
	16—28	2,50	0,22	zuckend	6,40	
	34—47	2,34	0,20	ermüdet	6,49	172 Gr.
	85—97	2,60	0,13	ruhend	9,92	
	105,5—118	2,40	0,11	zuckend	10,42	
	133,5—146	2,40	0,14	ermüdet	9,06	

Um den für diessmal wichtigen Inhalt der vorstehenden Tabelle noch deutlicher übersehen zu lassen, wird es nützlich sein, aus ihr abzuleiten den Unterschied, und ebenso das Verhältniss zwischen dem O-Verbrauch während der Zuckung oder Ermüdung einerseits und der Ruhe anderseits. Ein + in dem mit »Unterschied« überschriebenen Stabe bedeutet ein Uebergewicht des zuckenden oder ermüdeten Muskels über den ruhenden; die Proportionalzahlen sind durch Division des O-Verbrauchs während der Ruhe in den während der Zuckung oder Ermüdung gewonnen.

Vergleichung des Verbrauchs bei Ruhe und Zuckung.

	Unterschied.	Verhältniss.
I.	+ 0,099	2,39
II.	+ 0,001	1,02
IIIª.	+ 0,033	1,18
IIIᵇ.	+ 0,081	1,44
IVª.	+ 0,030	1,16
IVᵇ.	— 0,020	0,84

Vergleichung des O-Verbrauchs bei Ruhe und Ermüdung.

	Unterschied.	Verhältniss.
I.	+ 0,053	1,74
II.	— 0,016	0,70
IIIª.	+ 0,089	1,49
IIIᵇ.	+ 0,090	1,50
IVª.	+ 0,01	1,05
IVᵇ.	+ 0,01	1,09

Durch die Zuckung wird demnach in der Regel dem O-Verbrauch ein deutlicher Zuwachs zugeführt. Dieses Anwachsen ist jedoch nicht immer sichtbar, vielleicht darum, weil es

nicht gross genug ist um den Ausfall auszugleichen, der in dem zweiten, von der Muskelthätigkeit unabhängigen Zehrungsvorgang eintritt. Durch die Compensation der beiden verschiedenen, innerhalb des Muskels auftretenden Processe erklärt sich am einfachsten die zweite Beobachtung im vierten Versuch, in welcher während der Zuckung keine Vermehrung, sondern eine Verminderung des O-Verbrauchs eintrat.

Statt dieser Erklärung könnte man auch noch eine andere versuchen wollen. Da durch den Eintritt O-haltiger Körperchen in den Muskel ein Oxydationsprocess veranlasst wird, so könnte man meinen, dass der O des Hämoglobins während der Zuckung besser ausgenutzt werde als während der Ruhe. Diese Erklärung ist, wie man sieht, analog derjenigen, welche *L. Hermann* für den Froschmuskel versucht hat, der im lufthaltigen Raume zuckt. Für den unter unsern Verhältnissen zuckenden Muskel dürfte sie jedoch unanwendbar sein oder mindestens die Thatsachen nicht vollständig decken, weil der grössere O-Verbrauch sich auch noch in den Zeitraum der Ermüdung hinein erstreckt, in welchem der ruhige Muskel an der Blutbewegung nichts ändert.

Obwohl nun hiermit ein O-Verbrauch während der Zuckung dargethan ist, so ist damit doch keineswegs die Hoffnung erwachsen, dass wir aus der Grösse dieses letztern ein Maass für die vom Muskel ausgeführte Arbeit gewinnen könnten. Einstweilen erhebt sich gegen dieses Vorhaben der vorliegende Befund, wonach der Mehrverbrauch des O während der Contraction so beträchtliche Schwankungen darbietet. Hier kann man freilich mit Recht einwenden, dass möglicher Weise die Zuckung der verschiedenen Muskeln ebenfalls von sehr ungleichem Umfang gewesen sei. Gesetzt aber, wir liessen diesen Einwand gelten, so würde die Behauptung, dass der O-Verbrauch kein Maass für die Muskelarbeit sei, noch nicht fallen, weil man diesen, gleiche chemische Verwendung vorausgesetzt, doch nur dann dazu benutzen könnte, wenn man den Antheil an Sauerstoff, welchen die Contraction verbraucht, von demjenigen sondern könnte, welcher in dem nebenhergehenden Oxydationsprocess gebunden wird.

Die Triftigkeit dieses Grundes leuchtet vielleicht noch besser als es bisher schon geschehen ist ein, wenn wir eine Beobachtung hersetzen, bei der es uns nicht gelungen war, die Gleich-

heit der Stromgeschwindigkeit während Ruhe, Zuckung und Ermüdung zu erhalten.

Blutvolum in 1 Minute.	O-Verbrauch in 1 Minute.	O-Gehalt in 100 Th. des venös Blutes.	Zustand des Muskels.
4,15	0,110	11,32	ruhend
2,12	0,077	10,83	zuckend
0,75	0,032	9,56	ermüdet

Der während der Zuckung und der Ermüdung vorhandene O-Verbrauch ist also hier sehr viel geringer als der während der Ruhe; dem Frühern gemäss offenbar darum, weil während der ersteren Zustände die Stromgeschwindigkeit geringer war.

Bevor wir in der Darstellung unserer Versuche weiter schreiten, wollen wir noch darauf aufmerksam machen, wie wenig geeignet die Bestimmung der gesammten Athemgase eines lebenden Wesens während der Ruhe und der Arbeit ist, um zu einer Kenntniss der O-Mengen zu gelangen, welche der arbeitende Muskel im Gegensatz zum ruhenden verbraucht. Die zum Theil beträchtlichen Unterschiede, welche man für die O-Aufnahme des ruhenden und arbeitenden Wesens gefunden, wurden bisher ohne Widerspruch auf die in der contractilen Substanz selbst stattfindenden Vorgänge bezogen. Nach unsern Versuchen ist dieses nicht mehr statthaft. Denn da im zuckenden Muskel das Blut in der Regel rascher als im ruhenden fliesst, so ist, ganz abgesehen von dem durch den Act der Zuckung selbst verbrauchten O, noch eine andre Ursache des Mehrverbrauchs durch den rascheren Strom gegeben. Also ist das Mehr des durch die Lunge einwandernden Sauerstoffs keineswegs allein durch die Vorgänge in der contractilen Substanz gefordert worden. — Aber man kann vielleicht noch weitergehend behaupten, dass der lebhaftere O-Verbrauch während der Muskelbewegung sogar nicht einmal allein vom Blutstrom und der Arbeit innerhalb des Muskels selbst abhänge, möglicherweise ist er mit bedingt durch die raschere Blutbewegung, welche auch in andern Körpertheilen, namentlich während einer ausgiebigen Muskelbewegung, darum einzutreten pflegt, weil durch die letztere der Inhalt vieler Venen in das Herz entleert wird, so dass nun dieses Blut dem Gesammtstrom zu Gute kommt. Die Gültigkeit dieser

Betrachtung dürfte auch durch die jetzt folgende Reihe von Bemerkungen nicht beeinträchtigt werden.

Da der ausgeschnittene vom künstlichen Strom gespeiste Muskel die charakterischen Eigenschaften seines erregbaren Stoffes in geringerer Mächtigkeit bewahrt als der in der natürlichen Lage sitzende, so ist zu vermuthen, dass während der Zuckung des erstern weniger O verbraucht wird als während der des normal gelagerten und gespeisten Muskels. Die Richtigkeit dieser Vermuthung zu prüfen würde es sehr complicirter, wenn überhaupt ausführbarer Versuche bedürfen. — In Ermangelung derselben kann man jedoch einen Wahrscheinlichkeitsbeweis für die obige Annahme antreten, indem man den procentischen Gehalt an O vergleicht, welchen das Venenblut besitzt, je nachdem es aus Muskeln des lebenden Thiers oder aus dem ausgeschnittenen Muskel geflossen ist. Indem wir eine solche Vergleichung ausführen, werden wir die von uns gefundenen Zahlen neben die Mittel- und Grenzwerthe des O-Gehaltes in dem Venenblut stellen, welches *Sczelkow* am lebenden Hund aufgefangen.

I. Versuche von *Sczelkow* am lebenden Thier.

	O-Gehalt im Arterienblut	O-Gehalt im Venenblut ruhender Muskel	zuckender Muskel
Mittel	15,23	6,70	2,40
Grenzen	—	8,22—4,39	4,68—1,27.

II. Ausgeschnittener Muskel.

	O-Gehalt im Arterienblut,	O-Gehalt im Venenblut ruhend,	zuckend,	ermüdet,	zuckend 2,	ermüdet,	ruhend
I.	14,01	10,74	6,70	8,25	—	—	—
II.	15.47	8.58	8,75	10,04	—	—	11,02
III.	15,94	9,89	4,75	—	7,20	6,82	9,17
IV.	14,90	6,83	6,10	6,49	10,42	9,06	—
Mittel	15,08	9,01	6,52	8,26	8,81	7,94	10,14

III. Herzblut nach *Schöffer*.

	O-Gehalt des Arterienbluts	O-Gehalt des venös. Bluts
Mittel	14,61	9,05

Wir sehen, dass das Venenblut, welches aus dem zuckenden Muskel des lebenden Thieres zurückkommt, um ein sehr Beträchtliches ärmer an Sauerstoff ist als dasjenige, welches

den ausgeschnittenen Muskel verlässt. Allerdings übt auf den Procentgehalt die Dauer der Anwesenheit des Blutes innerhalb des Muskels einen bedeutenden Einfluss, und man könnte demnach geneigt sein, den Grund der Verschiedenheit in der ungleichen Stromgeschwindigkeit der verglichenen Blutarten zu finden; hiergegen liesse sich einwenden, dass aus dem zuckenden Muskel des lebenden Thieres das Blut mit ungleich grösserer Geschwindigkeit hervorstürze als aus dem ruhenden, und soweit der Augenschein lehrte, nicht minder rasch als aus dem ausgeschnittenen von uns zur Vergleichung herbeigezogenen. Diese Aussagen haben allerdings keine grosse Bedeutung, weil der Bezirk, aus welchem im lebenden Thier der Strom hervorging, gänzlich unbekannt ist. Aber selbst zugegeben, es sei der Strom im Muskel des lebenden Thiers ein viel langsamerer gewesen, so würde sich hieraus immer noch nicht erklären lassen der geringe Gehalt an O desjenigen Blutes, welches aus dem zuckenden Muskel des lebenden Thieres kam. In ihm ist die untere Grenze, bis zu welcher der O-Gehalt sank, 1,7 Procent, ein Werth, zu dem wir niemals am ausgeschnittenen Muskel gelangten, wenn der Strom des arteriellen Blutes auch noch so langsam durch ihn floss. Wir glauben daraus schliessen zu müssen, dass der lebendige Muskel energischer auf den O wirkt, als der ausgeschnittene.

Auf einen ähnlichen Unterschied deuten diejenigen unsrer Zahlen hin, die wir an demselben Muskel fanden, welcher zweimal hinter einander in Zuckungen versetzt wurde. Das Blut, welches während der ersten Zuckungsperiode ausfloss, war ärmer an O als das während der zweiten Zuckungsperiode gewonnene. Da diessmal die Ursache des ungleichen O-Gehaltes nicht auf eine verschiedene Stromgeschwindigkeit bezogen werden kann, so bleibt nur die Berufung an eine ungleiche Befähigung zum O-Verbrauch offen.

Nicht überflüssig dürfte die Bemerkung sein, dass das Mittel des O-Gehaltes, welches die verschiedenen Blutproben darboten, die aus dem ruhenden ausgeschnittenen Muskel hervorgegangen waren, innerhalb der Fehlergrenzen mit dem O-Gehalt des venösen Blutes übereinkommen, welches *Schöffer* aus dem rechten Herzen von mehreren lebenden Thieren gewonnen hat; demnach entfernt sich die Wirkung, welche der ausgeschnittene Muskel auf den O des arteriellen Blutes übt,

nicht allzu sehr von derjenigen des lebenden Gesammtthieres.

c. An die Beobachtung, dass bei einer zweiten Zuckungsperiode weniger O verbraucht wird als bei der ersten, schliesst sich die Frage an, ob auch der ruhende Muskel in dem Maasse weniger O verzehre, in welchem die Dauer seiner Abwesenheit aus seiner natürlichen Lagerstätte wächst. Um hierüber Aufklärung zu schaffen, liessen wir mehrmals durch einen ausgeschnittenen Muskel das Blut sehr lange Zeit hindurchgehen und fingen in Zeitabschnitten, die um mehrere Stunden von einander entfernt waren, einen Antheil desselben auf. Der Strom, welcher durch den immer ruhenden Muskel hindurchfloss, wurde bald mehr, bald weniger beschleunigt, so dass wir je zwei Blutproben aus einer raschern und einer langsamern Strömung erhielten, von denen je eine gewonnen war, als der Muskel erst seit Kurzem, die andere aber nachdem er schon seit drei bis nahezu sechs Stunden ausgeschnitten gewesen. Die folgende Tabelle giebt das gewonnene Resultat wieder. In zweien der mitgetheilten Versuche haben wir den Strom auch noch durch den in Starre übergegangenen Muskel geleitet. In dem einen derselben (II) trat die Starre wider unsern Willen ein, nachdem der Strom während zwanzig Stunden ununterbrochen durch den ruhenden Muskel angedauert hatte. In dem andern (III) führten wir dagegen die Starre absichtlich durch Blutleere herbei, nachdem der Muskel etwa zwei Stunden (die Vorbereitung mit einbegriffen) vom künstlichen Strom durchsetzt war. Dieser letztere Muskel war ausgezeichnet durch die Hartnäckigkeit, mit welcher er in der Blutleere seine Reizbarkeit festhielt. Erst sieben Stunden nachher, als der Blutstrom unterbrochen war, verschwanden die letzten Spuren seiner Erregbarkeit.

	Zeit in Minuten.	Blutvolum in 1 Min.	O-Verbr. in 1 Min.	O in 100 Th. Venenblut.	O in 100 Th. Arterienblut.	Muskelzustand
I.	0—21	1,52 Ccm.	0,08 Ccm.	12,05		
	168—195	1,30	0,14	5,87		
	379—401	1,37	0,09	10,75	17,54	
	31—78	0,69	0,04	11,17		
	267—319	0,58	0,05	9 35		

	Zeit in Minuten.	Blutvolum in 1 Min.	O-Verbr. in 1 Min.	O in 100 Th. Venenblut.	O in 100 Th. Arterienblut.	Muskelzustand.
II.	0—29	1,03Ccm.	0,06Ccm.	9,28		
	292—323	0,93	0,08	6,93		
	54—112	0,51	0,05	5,90	14,70	
	354—412	0,57	0,04	6,98		
	1200—1212	2,56	0,10	10,48		todtenstarr
III.	0—8,5	3,53	0,21	13,59		
	55—64	3,39	0,19	13,41		
	20—47	1,11	0,10	10,60	19,52	
	72—99	1,11	0,07	12,81		
	673—790	1,88	0,15	11,42		todtenstarr
	801—844	0,69	0,07	10,27		

Aus der Vergleichung je zweier, durch gleiche Geschwindigkeit erlangten Blutproben, die sich dadurch von einander unterschieden, dass die eine früher und die andere erst um mehrere Stunden später aufgefangen wurde, ergiebt sich, dass der O-Verbrauch im ruhenden Muskel mit der wachsenden Zeit nicht wesentlich abnimmt. Allerdings ist er nicht zu allen Zeiten genau derselbe, aber es fällt keineswegs die grössere O-Zehrung immer auf den Beginn der Beobachtungszeit, daraus wäre also die vielleicht nicht unwichtige Folgerung zu ziehen, dass der O-Verbrauch im ruhenden Muskel eine andere Abhängigkeit von der Zeit darbietet, als in dem zuckenden. Die Beobachtungen an todtenstarren Muskeln sind ihrer geringen Zahl wegen und auch darum, weil in ihnen der Blutstrom mit andern Geschwindigkeiten floss, als dieses an dem noch lebenden Muskel geschehen war, zu quantitativen Urtheilen nicht geeignet, immerhin dienen sie jedoch zum Beweis dafür, dass auch der todtenstarre Säugethiermuskel dem Blute Sauerstoff entzieht, ähnlich wie wir dieses von einem todtenstarren Froschmuskel wissen, welcher in O-haltiger Luft frei aufgehängt ist. Die Geschwindigkeit, mit welcher hier der O in dem Blut verbraucht wird, ist dem Anschein nach kaum geringer als unter ähnlichen Bedingungen im lebenden Muskel. Der O-Verbrauch in todtenstarren Muskeln unter den hier bestehenden Umständen dürfte noch eine weitere Untersuchung verdienen, um zu entscheiden, ob zu seiner Einleitung die Anwesenheit gewisser Lebenserscheinungen in der Wand der Blutgefässe nothwendig ist.

d. Wir wenden uns jetzt zu der Beziehung, welche zwischen dem O-Verbrauch und der Wiederbelebung des vollkommen ermatteten Muskels besteht. Wir haben oben schon darauf hingewiesen, dass ein Muskel, der in Folge einer andauernden Blutleere seine Reizbarkeit vollständig eingebüsst hat, diese nur dann wieder zu gewinnen vermag, wenn er von O-haltigem Blut durchflossen wurde, während ein O-freies durch Eisen reducirtes Blut dieses nicht zu erreichen vermag. Somit lag es nahe, den O-Mengen genauer nachzugehen, welche für die Herstellung der Reizbarkeit nothwendig sind. Dass diese Versuche eine ganz besondere Sorgfalt erfordern, war uns schon früher klar geworden, als wir das Verhalten der Reizbarkeit gegen verschiedene Blutarten prüften. Damals war schon zu bemerken, wie rasch der O-haltige Blutstrom die verlorne Erregbarkeit wieder hervorrief; beispielsweise seien die folgenden Fälle erwähnt.

1. Blutleere während 128 Minuten; vollkommener Verlust der Erregbarkeit; die letztere kehrt nicht wieder während einer 38 Minuten anhaltenden Durchleitung von reducirtem Blut; als darauf in folgenden drei Minuten 13,5 Ccm. arterielles Blut durchgeflossen waren, war die Reizbarkeit nahezu wieder auf den Punkt gehoben, den sie vor der Blutleere eingenommen.

2. Durch den Muskel wird Erstickungsblut geleitet; nachdem der Strom 92 Minuten gedauert, ist der Muskel vollkommen ermüdet. Hierauf beginnt die Einführung desselben Erstickungsblutes, welches jedoch durch einen Zusatz von O hellroth gemacht worden war. 7 Ccm. dieses besauerstofften Erstickungsblutes waren genügend, um dem Muskel seine frühere Reizbarkeit nahezu wieder zurückzugeben.

Durch diese und ähnliche Versuche belehrt, gaben wir der einzigen quantitativen Beobachtungsreihe, die wir anstellten, folgende Anordnung. Der Muskel ward auf das Sorgfältigste vorbereitet, so dass kein Tröpfchen durch Blutung verloren ging, darauf ward er in den Raum des bedeckten Glastellers gelegt und mit den Elektroden in Verbindung gebracht; war dies geschehen, so begann der definitive Blutstrom. Kurze Zeit nachher ward der Rollenabstand ermittelt, bei dem die minimale Zuckung eintrat. Nachdem hierauf der Blutstrom noch etwa 10 Minuten gedauert hatte, unterbrachen wir denselben. Trotzdem dass jetzt die Zufuhr von Blut unterbrochen war, tropfte doch

noch von Zeit zu Zeit aus dem Glasröhrchen, welches in die Vene eingebunden war, etwas Blut ab, das offenbar durch Veränderungen, die innerhalb des Muskels stattfanden, beziehungsweise durch die Schwere desselben ausgepresst worden war. Danach konnte man voraussehen, dass auch mit dem Wiederbeginn des Stroms die Blutmasse, welche aus der Vene hervorlief, geringer als die zugeflossene sein würde, da die unter dem Stromdruck ausgedehnten Gefässe einen Theil des zugeflossenen zurückbehalten würden. Um diesen Antheil zu messen, setzten wir vor die Arterie ein kalibrirtes Zuflussrohr, so dass wir beim Wiederbeginn des Stromes gleichzeitig die zu- und die abgeflossenen Volumina ablesen konnten. Aus dem Unterschied beider Werthe ergab sich die Menge des im Muskel zurückbehaltenen Blutes. Bevor der Strom in der beschriebenen Weise seinen Anfang nahm, wurde die Blutleere so lange fortgesetzt, bis der Muskel die heftigsten Reize nicht mehr mit sichtbaren Zuckungen beantwortete. War dieser Zeitpunkt eingetreten, so wurde nun das Blut aus den graduirten Zuflussgefässen zugelassen und von Minute zu Minute die Menge des aus ihm zum Muskel geflossenen abgelesen. Zugleich wurde der Muskel auf seine Reizbarkeit von Minute zu Minute geprüft, wobei der wachsenden Reizbarkeit entsprechend die Drähte aus dem Hohlraum der primären Rolle hervorgezogen und die Abstände beider Rollen vergrössert wurden. Wie in früheren Fällen, so kehrte auch hier die Reizbarkeit viel eher wieder zurück, als bis aus der Vene 30 Ccm. abgeflossen waren, d. h. so viel, als zur sichern Bestimmung des Sauerstoffgehaltes im Blute nothwendig war. Wir sahen uns desshalb gezwungen, auch nach vollkommener Herstellung der Reizbarkeit den Strom so lange fortdauern zu lassen, bis wir die nöthige Blutmenge aufgefangen hatten. Um nun zu schätzen, wie viel O zur Wiederherstellung der Reizbarkeit nothwendig gewesen, machten wir die Voraussetzung, dass der zu allen Zeiten gleich geschwinde Strom in jedem Zeittheil vom Anfang bis zu Ende gleichviel O eingebüsst habe. Die Annahme, dass der mittlere O–Verlust in der That für alle Zeittheile zu gelten habe, ist jedoch nicht vollkommen zutreffend, da das Blut, welches nach Wiederbeginn des Stroms zuerst aus der Vene in das Glasröhrchen übertritt, um ein Merkliches dunkler als dasjenige ist, welches einige Minuten später hervorgeht, somit unterschätzen wir also den

anfänglichen O-Verbrauch und überschätzen den später eintretenden. Wir kennen kein Mittel, um diesen kleinen Fehler zu vermeiden.

Der auf diese Weise angestellte Versuch verlief folgendermassen

Gewicht des Muskel 209 Gr.

Erste Durchleitung durch den reizbaren Muskel.

Die folgenden Zeiten sind vom Beginn der ersten Sammlung des Blutes an gezählt.

Zeit in Minuten.	Blutvolum in 1 Min.	O-Verbrauch in 1 Min.
von 0—11′	2,72 Ccm	1,21 Ccm.

Hierauf wurde der Strom bis zur 194. Minute unterbrochen; der Muskel zeigte trotz Anwendung der stärksten Ströme keine Zuckungen mehr. Als dieser Zeitpunkt eingetreten, beginnt der Strom des arteriellen Blutes von Neuem; von dem Blut, welches aus den gläsernen Venencanülen ausfloss, wurden zunächst 4 Ccm. fortgelassen und darauf das Blut zur Analyse gesammelt.

Zeit in Minuten.	Blutvolum in 1 Min.	O-Verbrauch in 1 Min.
197—221	1,96	0,19

Bis zu 221 Minuten waren im Ganzen 52 Ccm. zugeflossen, dagegen aus der Vene hervorgekommen 41 Ccm., also verblieben im Muskel 11 Ccm. In dem Zeitraum von 197—221 Minuten wurde die Reizbarkeit geprüft und gefunden:

Erste Spuren von Zuckungen durch sehr starke Reize, nachdem 10 Ccm. Blut in den Muskel geflossen und 0,95 Ccm. O (bei 1 Mt. *Hg*druck und 0° C.) verbraucht waren. — Die Reizbarkeit war dagegen der ursprünglichen nahezu gleich als 40 Ccm. Blut zugeflossen, beziehungsweise 3,79 Ccm. O verbraucht waren. — Die Reizbarkeit ist wieder auf dieselbe Stufe angelangt, wie sie vor der Blutleere gewesen, als 52 Ccm. Blut eingeflossen beziehungsweise 4,93 Ccm. O verbraucht waren.

Zweite Durchleitung. Nachdem dies geschehen, wurde der Strom alsbald wieder unterbrochen, so dass der Muskel von der 223sten bis zu der 319ten Minute blutleer blieb. In diesem Zeitraum tropfte die von der frühern Leitung zurückgehaltene Blutmenge aus dem Muskel wieder ab, am Ende dieser Zeit zuckte der Muskel trotz der Anwendung sehr starker Ströme nicht mehr.

Mit der 319. Minute beginnt der Strom. Nachdem 4 Ccm. nach Aussen abgelassen waren, wurde zur Analyse aufgefangen.

Zeit in Minuten.	Blutvolum in 1 Min.	O-Verbrauch in 1 Min.
323—338.	2,41	0,23

Zugeflossen waren im Ganzen 43,5 Ccm., abgeflossen waren 34,0, also waren im Muskel zurückgeblieben 9,5 Ccm.

Die Reizbarkeit der erregbaren Stellen in der Umgebung des Nerveneintritts hatte sich schon sehr merklich gehoben als 15 Ccm. Blut eingeflossen, beziehungsweise 1,21 Ccm. O verbraucht waren. — Die Reizbarkeit hat sich auf die ursprüngliche Stufe erhoben, als 43 Ccm. Blut eingeflossen und 3,54 Ccm. O verbraucht waren.

Der Blutstrom ward darauf mit immer gleicher Geschwindigkeit fortgesetzt, wobei der Muskel sich auf gleicher Reizbarkeit erhielt, darauf wurde aufgefangen.

Zeit in Minuten.	Blutvolum in 1 Min.	O-Verbrauch in 1 Min.
380—391	2,72	0,15

Von der 406. Minute an wurde der Strom unterbrochen bis zur 449. Minute, worauf die Reizbarkeit vollständig erloschen war. Der Strom begann jetzt von Neuem und als 14 Ccm. Blut zugeflossen waren, hatte sich schon ein mässiger Grad von Reizbarkeit wieder eingefunden.

Dieser genau durchgeführte Versuch bestätigt also vollkommen das, was die früheren qualitativen Beobachtungen gelehrt hatten. Die in Folge der Blutleere erloschene Reizbarkeit kehrt nach einem äusserst geringen Verbrauch von O wieder zurück.

Ein Ccm. O bei 1 Mt. *Hg*druck und 0°, wiegt 1,907 Milligramm, demnach waren in der ersten der beiden vorstehenden Beobachtungen 1,8 Mgr. O genügend, um einen Muskel von 209 Gramm Gewicht wieder merklich reizbar zu machen und 7,4 Mgr. O, beziehungsweise 6,7 Mgr. O genügten, um in ihm die Reizbarkeit wiederum so vollständig herzustellen, wie sie im Beginn des Versuchs gewesen war. Diese in Anbetracht des grossen Muskelgewichts schon an und für sich äusserst geringfügigen Zahlen sind aber offenbar noch viel zu hoch gegriffen. Wir haben früher gesehen, dass in dem Muskel noch ein zweiter sauerstoffverbrauchender Vorgang abläuft,

der mit der Erhaltung der Reizbarkeit nichts zu schaffen hat. Dieser letztere wird also auch hier neben demjenigen hergegangen sein, welcher, indem er O verbrauchte, die Reizbarkeit wieder hergestellt hat. Ueber den Betrag an O, welcher jedem einzelnen der beiden genannten Vorgänge zu Gute gekommen ist, sagt unsre Beobachtung nichts aus, da in dem einen Fall vor der Ermüdung in der Zeiteinheit mehr O verbraucht wird, als während der Wiederherstellung der Erregbarkeit. — Im zweiten Fall fand dagegen das Umgekehrte statt. Daraus scheint hervorzugehen, dass der O-Verbrauch, welcher zur Wiederherstellung der Reizbarkeit nothwendig ist, durch die Variation der andern Zehrungsprocesse verdeckt werden kann. Wäre also nicht durch sorgfältige Versuche mit O-freiem Blut der Nachweis geliefert, dass ohne die Anwesenheit des O die Erregbarkeit nicht zurückkehrt, so würde es selbst den genauesten Methoden schwer fallen, auf quantitativem Wege die Nothwendigkeit des O darzuthun. — Hiemit findet, wie es scheint, die Streitfrage zwischen *G. v. Liebig* und *L. Hermann* ihre Erledigung; die Folgerung *Liebig's* bezüglich der Nothwendigkeit des Sauerstoffs zur Erhaltung der Reizbarkeit bleibt bestehn, wenn auch *Hermann* nach seinen Untersuchungen mit Recht behaupten darf, es lasse sich aus dem messbaren O-Verbrauch kein Beweis für den obigen Satz erbringen.

Eine genauere Verfolgung der Erscheinungen, welche die Wiederherstellung der Reizbarkeit unter dem Einfluss des O begleiten, wird unzweifelhaft noch zahlreiche Thatsachen zu Tage fördern und unsre Vorstellungen klären über das Verhältniss der Reizbarkeit zur Leistungsfähigkeit, ferner über den Ort, an welchem die Bindung des O vor sich geht u. A. Bei dem gegenwärtigen Stand unsrer Erfahrungen liegt es nahe anzunehmen, dass der Sauerstoff zunächst nur auf die Reizbarkeit, keineswegs aber auf die Gruppe von Einrichtungen wirke, deren Resultirende die Leistungsfähigkeit ist. Offenbar hat es einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit für sich, dass an der Ausführung einer Arbeit beziehungsweise der sie begleitenden Verschiebung der Muskeltheilchen diese letzteren insgesammt betheiligt seien. Ist dieses der Fall, sind also, damit eine Leistung ausgeführt werden könne, dem weitaus grössten Theil der Muskelmasse gewisse Eigenschaften nothwendig, so ist nicht einzusehen, wie dieselben, wenn sie einmal verloren gegangen sind,

durch eine so geringe Menge von O wieder hergestellt werden können Stellen wir uns dagegen vor, dass innerhalb des Muskels neben der Gruppe von Stoffen und Einrichtungen für die Leistungsfähigkeit eine andere bestehe, unter deren Mitwirkung die Reizbarkeit zu Stande kommt, so liegt nichts im Wege, anzunehmen, dass dieser letztere nur einen sehr kleinen Antheil der Muskelmasse ausmache, obwohl sie durch die ganze Substanz des Muskels hindurch verbreitet sei. Diese Masse würde als diejenige anzusehen sein, welche durch den Reiz zunächst in Bewegung gesetzt würde und welche, wenn dieses geschehen, dann erst die Gruppe der leistungsfähigen Bestandtheile zu Contractionen veranlasste. Zu dieser oder einer ähnlichen Vorstellung ist man, wie wir glauben, nicht allein durch die geringe Menge des zur Erholung nöthigen Sauerstoffs gedrängt, sondern auch durch die von uns früher betonte Thatsache, dass der künstliche Blutstrom die verlorne Leistungsfähigkeit, wenn überhaupt, so jedenfalls nur in beschränktem Maasse, wieder herstellen kann.

Ein eigenthümliches Licht auf die Stellung des Sauerstoffs zu den Einrichtungen, von welchen die Reizbarkeit abhängt, wirft die von uns beobachtete und schon früher erwähnte Thatsache, dass in dem ersten Stadium in der Blutleere die Reizbarkeit über ihr früheres Maass anwächst. Wir wollen aus ihr keine weiteren Hypothesen ableiten, wir erwähnen sie hier nur noch einmal, um die Aufmerksamkeit der künftigen Beobachter auf sie zu lenken.

8. Die CO_2-Bildung im Muskel. — Unsere Methode zum Auffangen des Blutes lässt, wie wir schon erwähnt haben, den Verdacht berechtigt erscheinen, dass eine, wenn auch geringe Menge von CO_2 durch Diffusion aus dem Venenblut entwichen sei, bevor dasselbe in unsere Sammelröhrchen gelangte. Dieser Umstand lässt es uns gerathen erscheinen, von einer so umfänglichen Benutzung unsrer über jenes Gas gesammelten Thatsachen abzustehen, wie wir sie den auf das Sauerstoffgas bezüglichen angedeihen liessen. Wir halten uns dagegen für berechtigt, aus unsern Versuchen die Folgerungen abzuleiten, welche durch die eingetretene Diffusion nicht beeinträchtigt waren. Hiezu zählen wir zunächst solche Beobachtungen, bei welchen an demselben Muskel der Strom mit gleicher Geschwindigkeit durch die Vene floss. Da in diesen Fällen die

verschiedenen Blutmassen während sehr annähernd gleicher Zeiten der Diffusion ausgesetzt und in der Regel rücksichtlich ihres Gehaltes an CO_2 nicht sehr verschieden waren, so darf man annehmen, dass der vorhandene Verlust für jede derselben ein gleicher gewesen sei.

a. Die erste unserer Betrachtungen bezieht sich auf den Unterschied in der CO_2-Bildung, während der Muskel ruht, zuckt oder ermüdet ist. Die Zusammenstellung der Zahlen aus den zu unserm Zweck brauchbaren und schon früher erwähnten Versuchen (p. 50) an 4 verschiedenen Muskeln führt zu der folgenden Tabelle. — Unter dem ersten Stabe derselben steht die Zeit von der Sammlung der ersten zur Analyse dienenden Blutmenge an gerechnet, unter der zweiten steht der Zustand des Muskels während der Sammlungszeit des Blutes, in der dritten Reihe steht die Blutmenge in Ccm., welche in je einer Minute während der Sammlungszeit aus der Vene floss. Die vierte Zahlenreihe giebt an, wie viel CO_2 (in Ccm. bei 1 Mt. *Hg*druck und 0° C.) in je einer Minute während der Zeit der Durchleitung gebildet wurde. Bei den unter dem fünften Stabe stehenden Verhältnisszahlen der gebildeten CO_2-Mengen ist die während der Ruhe gebildete CO_2 als die Einheit angenommen. Bei der Erwerbung dieser Zahlen wurden im Uebrigen selbstverständlich alle die Vorsichtsmassregeln in Anwendung gebracht, deren wir uns, wie Seite 49 erwähnt, bedienten.

Zeit des Aufsammelns in Minuten.	Muskelzustand.	Blut in der Minute.	CO_2 in der Minute.	Verhältniss ruhend = 1.	CO_2 in 100 Th. art. Blut.	Muskelgew
0—20	ruhend	2,18Ccm.	0,036Ccm.			
20—40	zuckend	2,36	0,137	3,80	17,09	—
40—61	ermüdet	2,16	0,116	3,22		
75—116	zuckend	0,75	0,055	1,22	19,29	153
124—172	ermüdet	0,68	0,038	0,84		
178—214	ruhend	0,85	0,045			
0—10	ruhend	3,00	0,229			227
50—60	zuckend	3,01	0,308	1,34	24,12	
90—100	ermüdet	2,98	0,277	1,21		

Zeit des Aufsammelns in Minuten.	Muskelzustand.	Blut in der Minute.	CO_2 in der Minute.	Verhältniss. ruhend = 1.	CO_2 in 100 Th. art. Blut.	Muskelgew.
0—12,5	ruhend	2,40Ccm.	0,26Ccm.		21,02	172
16—28	zuckend	2,50	0,19	0,73		
34—47	ermüdet	2,34	0,26	1,00		
85—97	ruhend	2,60	0,22			
105—118	zuckend	2,40	0,19	0,86		
133—146	ermüdet	2,40	0,20	0,91		

Nur in der Mehrzahl der Einzelbeobachtungen, keineswegs jedoch in allen zeigt sich die Menge der CO_2 innerhalb des Venenblutes vermehrt, wenn dieses aus dem zuckenden oder dem ermüdeten Muskel hervorströmt. Trotz des unbeständigen Erfolgs scheint es dennoch als ob die Steigerung der CO_2-Bildung, in den Fällen wo sie stattfand, von der Zuckung bedingt worden sei. Auf eine Zusammengehörigkeit beider Vorgänge deutet mindestens der Umstand, dass die CO_2 sich mit dem Eintritt der Zuckung plötzlich mehrt und mit ihr bis in die Periode der Ermüdung hinein andauert. Unsere Annahme wird ferner unterstützt durch die Beobachtungen, welche *Sczelkow* am lebendigen Muskelblut und *L. Hermann* am ausgeschnittenen Froschmuskel anstellten. Beide Beobachter fanden, dass durch die Zuckung der CO_2-Bildung Vorschub geleistet werde. Zugleich fehlt es nicht an Auswegen, um mit der vorstehenden Auslegung unserer Versuche das Vorkommen in Uebereinstimmung zu bringen, bei welchem das Venenblut des zuckenden oder ermüdeten Muskels weniger CO_2 ausführt als das des ruhenden. Will man sich nicht zu der an und für sich zulässigen Meinung bekennen, dass es auch Zuckungen geben könne, die ohne eine gesteigerte Neubildung der genannten Säure ablaufen können, so kann man annehmen, dass die während der Zuckung im vermehrten Maasse entstandene CO_2 den Gehalt des Blutes an derselben darum nicht auf oder über den des ruhenden Venenblutes gebracht habe, weil die andere von den Muskelzuständen unabhängige CO_2-Bildung in den angegebenen Fällen aus unbekannten Gründen verringert war. Diese letztere Unterstellung erscheint um so weniger als eine gesuchte, weil es den Anschein hat, als ob der ausgeschnittene Muskel auch während der Ruhe in einem besondern Verhältniss zur CO_2-Bildung stehe

b. Ueber das Verhältniss des verbrauchten O's zur neugebildeten CO_2. — Die Beobachtungen von *Sczelkow* über das Verhältniss $\frac{CO_2}{O}$ im ruhenden und zuckenden Muskel, haben zu der Meinung geführt, dass im Gegensatz zur Ruhe während der Zuckung CO_2 gebildet würde, ohne Zuthun des Sauerstoffs, welchen das arterielle Blut in den Muskel einführt. Diese Annahme schien ihre Bestätigung zu finden durch Athmungsversuche am Kaninchen und nicht minder durch die rasch berühmt gewordenen von *Pettenkofer-Voit* am Menschen ausgeführten Beobachtungen. Die Erfahrungen am ausgeschnittenen Muskel gewähren jedoch den ebenerwähnten Thatsachen keine Unterstützung. — Da die Beobachtungen über den Sauerstoffverbrauch (p. 50) und die über CO_2-Bildung (p. 64) an denselben Muskeln und aus demselben Blut gewonnen sind, so lässt sich das Verhältniss $\frac{CO_2}{O}$ aus ihnen ableiten.

Zustand des Muskels.	O-Verbrauch in 1 Minute.	CO_2-Gewinn in 1 Minute.	$\frac{CO_2}{O}$
I. ruhend	0,071	0,036	0,51
zuckend	0,170	0,137	0,81
ermüdet	0,124	0,116	0 94
II. schwachermüdet	0,050	0,067	1,33
zuckend	0,051	0,055	1,08
ermüdet	0,035	0,038	1,08
ruhend	0,038	0,045	1,18
III ruhend	0,183	0,129	1,25
zuckend	0,264	0,308	1,17
ermüdet	0,272	0,177	1,02
IV ruhend	0,19	0,26	1,34
zuckend	0,22	0,19	0,87
ermüdet	0,20	0,26	1,31
ruhend	0,13	0,22	1,73
zuckend	0,11	0,19	1,74
ermüdet	0,14	0,20	1,41

Rücksichtlich der Frage über die Erhöhung der Verhältnisszahl $\frac{CO_2}{O}$ geht also aus der vorstehenden Zusammenstellung hervor, dass der betreffende Werth, während die Zuckung ein-

mal ein grösserer, dreimal ein kleinerer und einmal gleich derjenigen während der Ruhe war. Ganz dasselbe Verhalten bietet sich, wenn man den beregten Quotienten während der Ermüdung und der Ruhe mit einander vergleicht. — Somit giebt, wie schon erwähnt, die angestellte Vergleichung keine Veranlassung zu der Meinung, dass der zuckende a u s g e s c h n i t t e n e Muskel vorzugsweise zu einer Zerspaltung seiner Molecüle und einer hieraus folgenden CO_2-Bildung geneigt sei.

Die vorstehenden Zahlen liefern dagegen das andre auffallende Ergebniss, dass innerhalb des ausgeschnittenen Muskels in der Regel und zwar in allen seinen Zuständen während der Ruhe, Zuckung und Ermüdung mehr CO_2 entsteht, als aus den locker gebundenen O-Massen des Oxyhämoglobins hervorgehen kann.

Zur weitern Sicherstellung dieser Erscheinung wollen wir auch noch unsere andern CO_2-Bestimmungen herbeiziehen, in welchen die Folgen des Verlustes an CO_2 nicht eliminirt sind. Vorausgesetzt, dass ihre Aussagen zu Gunsten der eben gegebenen ausfallen, sind sie zur Führung eines Beweises geeignet. Denn wenn sie, obwohl sie mit dem Verdacht des CO_2-Verlustes behaftet sind, dennoch einen Quotienten $\frac{CO_2}{O}$ liefern, der die Einheit übersteigt, so ist sicher erwiesen, dass der O des Oxyhämoglobins zur Säurebildung nicht genügt habe.

Ausser den auf der vorstehenden Seite besprochenen Muskeln haben wir noch durch 8 andere arterielles Blut geleitet und den O und die CO_2 des Blutes untersucht. Die Dauer der Strömung, aus welcher das zu analysirende Blut hervorging, beträgt bei jedem dieser Muskeln lange Zeit. Wenn wir demnach die O-Menge nehmen, welche während dieser ganzen Zeit verbraucht und sie in die CO_2 dividiren, welche während dess gebildet wurde, so erhalten wir eine Auskunft, die sich über einen beträchtlichen Bruchtheil der Lebensdauer erstreckt, die dem Muskel noch vergönnt war. In der folgenden Zusammenstellung finden sich die hier einschlagenden Zahlen.

	Zustand des Muskels.	Gesammte Zeit der Durchleitung	Gesammt. Blutmeng.	Gesammter O-Verlust	Gesammter CO_2-Gewinn.	$\frac{CO}{O}$
I	17 Min. zuck.	83 Min.	118 Ccm.	4,18	4,31	1,03
II	ruhend	209	147	7,44	10,13	1,36
IIIa		82	124	9,61	7,67	0,80
IIIb		23	63	4,59	4,13	0,90
IVa		76	188	12,23	12,21	1,00
IVb		37	94	7,40	8,40	1,10
V		61	146	11,12	11,55	1,04
VIa		169	153	11,91	12,68	1,05
VIb		69	92	6,80	8,17	1,20
VII		176	120	9,40	5,34	0,57
VIIIa		71	121	8,09	7,33	0,91
VIIIb		17,5	60	3,50	4,19	1,20

Bevor wir aus den mitgetheilten Zahlen ein Resultat ziehen, werden wir erst den Grund angeben müssen, warum in der Tabelle die Muskeln III, IV, VI, VIII je zweimal erscheinen. An diesen Muskeln wurden die Versuche über die Aenderungen der Blutgase durch den ungleich raschen Blutstrom angestellt. Wir erhalten somit an ihnen Zeitabschnitte der langsamen und der raschen Strömung. Nun ist es offenbar, dass, wenn ein CO_2-Verlust eintrat, dieser während der raschen Strömung geringer als während der langsamen sein musste. Während der langsamen Strömung konnte möglicherweise der Verlust so weit angewachsen sein, dass hierdurch der wahre Werth von $\frac{CO_2}{O}$ wesentlich beeinträchtigt worden wäre, während dieser Schaden zur Zeit der raschen Strömung weniger zu befürchten war. Aus diesem Grund haben wir nicht nur die Resultate der Gasbewegung während der gesammten Dauer des Stroms eingeschrieben, sondern auch diejenigen, welche während der Zeit des rascheren Stroms gefunden wurden. Bei einer Vergleichung des Bruches $\frac{CO_2}{O}$ von IIIa mit IIIb u. s. f. wird man in der That gewahren, dass derselbe für die Zeiten der rascheren Strömung jedesmal einen höheren Werth erhält als für die Zeiten der gesammten. Hieraus scheint sich also unsere Befürchtung eines CO_2-Verlustes während der letztern zu bestätigen.

Die Verhältnisszahl $\frac{CO_2}{O}$ erreicht und übersteigt, wie die Tabelle sehen lässt, in 5 Muskeln die Einheit wenn man die

Mittel aus der gesammten Stromzeit in Betracht zieht; wenn man dagegen die Zeiten der raschern Strömung zur Bildung der genannten Verhältnisszahl benutzt, so geben 6 Muskel einen die Einheit übersteigenden Werth des Quotienten; der 7. erreicht sie nahezu, so dass unter den 8 Muskeln nur einer übrig bleibt, welcher stark aus der Reihe fällt. Unter diesen Umständen wird man sich nicht dem Vorwurf der Uebertreibung aussetzen, wenn man diese Beobachtungen als einen Beweis dafür ansieht, dass in der Regel der ausgeschnittene Muskel zur CO_2-Bildung mehr O verbraucht als er aus dem lose gebundenen der Blutscheiben beziehen kann.

Einen nicht minder entscheidenden Beweis erhält man aus den Durchleitungen des Blutes, das wenig oder gar kein O enthält. Der Versuch mit entsauerstofftem Blute führt jedoch nur dann zu einem deutlichen Resultat, wenn man in die Arterie ein Blut mit nicht allzu grossem Gehalt an CO_2 einleitet. Zuerst übersahen wir die Bedeutung des letztern Umstandes und führten durch einen Muskel Erstickungsblut mit 38,7 bez. 40,87 Proc. CO_2. In zwei auf einander folgenden Leitungen kehrte das Blut mit 35,40 und beziehungsweise mit 43,77 Proc. beladen zurück. In dem einen Fall hatte es also CO_2 eingebüsst, in dem andern daran gewonnen. Ob der Verlust innerhalb des sehr langsamen Stromes im Muskel oder durch die Venenwand in die Luft geschah, wissen wir nicht.

Durch diesen Versuch belehrt, wendeten wir später Blut an, das zuerst durch Schütteln mit Luft eines grossen Theils seiner CO_2 beraubt und welchem dann durch Eisen der O entzogen war. Einen Fall, in welchem dieses letztere nahezu gelungen, theilen wir ausführlich mit, der Muskel wog 194 Gramm, er wurde nur, soweit dies zur Prüfung der Reizbarkeit nothwendig, gereizt.

	Zeit v. Beginn d. Auffangens.	In der Minute.			In 100 Theil. des zugeflossenen Blutes.	
		Blutvolum.	O	CO_2	O.	CO_2
1	0—19	1,56	0,099	0,136	15,04	21,95
2	30—63	0,90	0,009	0,101	0,62	19,41
3	85—154	0,42	0,001	0,018		
4	198—260	0,43	0,038	0,022	15,04	21,95
5	270—315	0,58	0,036	0,036		

In der Zeit, die zwischen die 1. und 2. Aufsammlung fiel, wurden 11 Ccm. reducirten Blutes durch den Muskel geschickt. In der Zeit, welche zwischen die 3. und 4. Aufsammlung fiel, wurden 21 Ccm. arteriellen Blutes durch den Muskel geführt. Nach Beendigung der 3. Aufsammlung, nachdem also der Muskel während 135 Minuten von reducirtem Blut durchströmt worden war, hatte er seine Fähigkeit, auf sehr starke Reize zu zucken, eingebüsst. Nachdem alsdann 30 Ccm. arteriellen Blutes durch ihn gegangen, fanden sich jetzt, mit schwächeren Schlägen gereizt, lebhafte Zuckungen ein. Aus dem O-Gehalt des Blutes in Durchleitung 4 würde sich bis zu dieser Zeit ein O-Verbrauch von 3,11 Ccm. berechnen.

Mit Rücksicht auf die Frage, ob ein Muskel, der von O-freiem Blut durchströmt wird, CO_2 zu liefern im Stande ist, würde aus der vorstehenden Reihe nur das Resultat der dritten Durchleitung herbeizuziehen sein. Man sieht, dass die Antwort bejahend ausfällt. Vergleicht man 3 und 4, in welchen das Blut mit gleicher Geschwindigkeit strömte, so stellt sich heraus, dass der durch den vorgängigen O-Mangel fast vollständig ermüdete und noch immer von nahezu sauerstofffreiem Blut durchströmte Muskel, wie er bei der Aufsammlung 3 gewesen, nahezu ebensoviel CO_2 geliefert hat, wie während des Aufsammelns 4, bei welcher der wieder reizbar gewordene Muskel von arteriellem Blut durchflossen war. Obwohl also in 3 dem Muskel fast gar kein Sauerstoff durch das Blut zugeführt wurde, war dennoch die CO_2-Bildung nahezu so mächtig gewesen wie in 4, wobei das den Muskel durchsetzende Blut eine merkliche Menge von O eingebüsst hatte.

In einem zweiten Versuch, der dasselbe Ziel, wie der vorstehende anstrebte, war die Entfernung des O's nicht so vollständig gelungen; immerhin ist auch diese Beobachtung erwähnenswerth.

	Zeit.	Zustand d. Muskels.	In der Minute.			Gehalt in 100 Theilen Blut der Arterien.		der Venen	
			Blutstrom.	O	CO_2	O	CO_2	O	CO_2
1.	0—65	ruhend	0,47	0,019	0,068	5,29	16,41	1,32	30,81
2.	65—87	zuckend	1,48	0,129	0,198	16,27	17,34	7,57	30,72
3.	87—154	ruhend	0,50	0,051	0,045	—	—	6,07	26,35

Auch hier ist das Volum der gebildeten CO_2 viel beträchtlicher als das des verlornen O's. Durch alle diese Thatsachen scheint es uns nun unzweifelhaft erwiesen, dass der ausgeschnittene Muskel mehr CO_2 bildet, als er es vermöge des mit dem Blute zugeführten O's thun konnte. Da dieses geschieht in der Ruhe und Zuckung und während der Durchleitung eines Blutes, das reich oder arm an Sauerstoff ist, so glauben wir nicht fehl zu gehn, wenn wir diesen Vorgang als einen dem ausgeschnittenen Muskel unter allen Umständen eigenthümlichen ansehn. Hiezu glauben wir um so mehr berechtigt zu sein, weil diejenigen Angaben nichts Aehnliches gewahren lassen, die wir über die CO_2-Bildung des Muskels besitzen, der noch seinen natürlichen Standort einnimmt. Aus den Mittheilungen von *Sczelkow* über das Verhältniss zwischen O-Verbrauch und CO_2-Bildung innerhalb eines dem lebenden Thiere angehörigen Muskels, geht mit Entschiedenheit hervor, dass der ruhende Muskel des lebendigen Thiers noch lange nicht so viele Volumina CO_2 bildet als er dieses vermöge des vom Blute abgegebenen O's zu thun vermöchte. Diese Erfahrungen knüpfen an eine von *L. Hermann* gewonnene an. Nach dieser letztern vollendet sich das Absterben des nicht ernährten Froschmuskels jedesmal unter Bildung einer bestimmten von der Art des Absterbens unabhängigen CO_2-Menge, woraus zu schliessen, dass die Erregbarkeit erlösche, so wie ein bestimmter Antheil eines nicht näher zu bezeichnenden Molecüls der Muskelsubstanz zerstört sei. — Zu dieser Anschauung passt es, dass auch der ausgeschnittene und ernährte Säugethiermuskel während seines Absterbens eine CO_2-Bildung sehen lässt, die unabhängig von der durch das Oxyhämoglobin eingeleiteten vor sich geht. Ob aber die Uebereinstimmung zwischen den Thatsachen von *Hermann* und den unsern noch weiter zu treiben, scheint uns zweifelhaft. Denn wir sehen schon die Möglichkeit nicht ein, wie man am ausgeschnittenen von Blut durchströmten Säugethiermuskel das hier in Frage kommende CO_2-Volum bestimmen wollte, weil es durchaus kein Kennzeichen für die auf den Process des Absterbens sich beziehende CO_2 giebt. — Ausserdem ist augenscheinlich die vom Sauerstoff des Oxyhämoglobins unabhängig gebildete CO_2-Menge geringer, wenn der Muskel blutleer, und grösser, wenn er trotz des fortdauernden Blutstroms abstirbt. — Zudem setzt sich die Bildung der CO_2, die aus dem

Zerfall O-haltiger Molecüle hervorgeht, auch noch während der Todtenstarre fort. So fanden wir den Quotienten $\frac{CO_2}{O}$ in drei Leitungen von zwei verschiedenen todtenstarren Muskeln zu 3,3; 2.0 und 1,1. An eine zeitliche Abgrenzung der Processe im absterbenden und abgestorbenen Muskel ist also ebenfalls nicht zu denken.

Ueber die Wurzeln, durch welche das Rückenmark die Gefässnerven für die Vorderpfote aussendet.

Von

Dr. E. Cyon.

(Mit 2 Steindrucktafeln.)

Als *Cl. Bernard* durch eine Reihe ebenso scharfsinniger als fruchtbarer Arbeiten die gefässbewegenden Eigenschaften des nerv. sympathicus aufdeckte, zog er in den Kreis seiner Untersuchungen auch die Frage nach dem Ursprung der sympathischen Fasern, welche in die Extremitäten übergehen.*) Die Resultate, zu denen er gelangte, sind in Kürze die folgenden:

Durchschneidung des plexus lumbosacralis oder auch nur des nervus ichiadicus bedingte Blutfülle mit Temperaturerhöhung in dem gelähmten Bein. Wenn aber sämmtliche Wurzeln durchschnitten wurden, welche die hintere Extremität mit motorischen und sensiblen Wurzeln versehen und zwar vor ihrer Vereinigung mit dem Grenzstrang, so traten keine Veränderungen in den Gefässen der Extremität ein. Diese Gefässe erweiterten sich aber sofort nach der nachträglichen Trennung des nervus ischiadicus. Ebenso erfolgte eine augenblickliche Temperaturerhöhung in der hintern Extremität, wenn *Bernard* in der Lendengegend den Grenzstrang des Sympathicus durchschnitt, ohne dabei die Spinalnerven zu verletzen. Aehnliche Resultate erhielt *Bernard* an der vorderen Extremität. Die Durchschneidung der drei untersten Hals- und der zwei obersten Brustwurzeln veranlasste keine Veränderungen im Lumen der Gefässe der vorderen Extremität; dagegen traten solche Veränderungen sofort ein, wenn er den plexus brachialis unterhalb der rami communicantes durchtrennte. Zerstörung des obersten Brustganglions hatte denselben Erfolg. — Aus diesen

*) *Cl. Bernard*, Recherches experimentales sur les nerfs vasculaires etc. Comptes rendus 1862 Journal de la physiologie 1862

Versuchen schloss *Cl. Bernard*, dass die Gefässnerven sämmtlich zunächst aus dem Grenzstrang des Sympathicus stammen.

Gleich nach Veröffentlichung der *Bernard*'schen Versuche theilte *Schiff**) der Pariser Akademie einige Berichtigungen dieser Versuche mit. — Namentlich behauptete *Schiff* im Widerspruch mit *Bernard*, nach Durchschneidung der vorderen Wurzeln für den n. ischiadicus eine beträchtliche Temperaturerhöhung am Fusse und am unteren Theile des Unterschenkels beobachtet zu haben. Desgleichen soll nach *Schiff* Durchschneidung der vorderen Wurzeln für die vordere Extremität Temperaturerhöhung der Hand und des unteren Theiles des Vorderarms hervorrufen. — So weit behauptet also *Schiff* gerade das Gegentheil von dem, was *Bernard* beobachtete. Dagegen gab *Schiff* zu, dass in dem Grenzstrang in der Regel die Gefässnerven für den Oberschenkel und den obern Theil des Unterschenkels und ebenso für den Oberarm und den obern Theil des Vorderarms verlaufen. Diese Nerven sollen aus den Intercostalwurzeln in den Grenzstrang eintreten. Zuweilen sollen auch aus den letztern Nerven Vasomotoren für die Pfoten hervorgehen.

Beide Beobachter befanden sich demnach allerdings in einem Widerspruch, jedoch nur in einem gradweisen, indem *Bernard* eine gänzliche, *Schiff* dagegen nur eine theilweise Verschiedenheit im Ursprung der Nerven für die Gefäss- und Skeletmuskeln annahm.

Auf Vorschlag des Herrn Prof. *Ludwig* nahm ich diese Frage von Neuem auf, weniger um die Angaben *Cl. Bernard*'s einer erneuten Prüfung zu unterziehen, als vielmehr in der Hoffnung bei dieser Gelegenheit näheren Aufschluss zu erhalten über diejenigen Wurzeln der Spinalnerven, durch welche die betreffenden Gefässnerven das Rückenmark verlassen. Darüber nämlich, dass auch die aus dem Grenzstrang hervorgehenden vasomotorischen Nerven aus dem Rückenmarke entspringen, konnte man nach den übereinstimmenden Erfolgen nicht zweifelhaft sein, welche *Ludwig* und *Thiry***) bei Reizung und Durchschneidung des Halsmarks erhalten hatten.

Ich musste mich vorläufig damit begnügen, den Ursprung der Gefässnerven für die Vorderpfoten zu untersuchen. Eine

*) Comptes Rendus 1862.
**) Wiener Sitzungsberichte. 49. Band 1864.

Ausdehnung der Arbeit auf die hintere Extremität musste ich anderer Beschäftigungen wegen auf eine spätere Zeit verschieben.

Von den verschiedenen Mitteln, welche man zur Prüfung der Abhängigkeit eines Gefässbezirks von einem bestimmten Nerven in Anwendung zu ziehen pflegt, bediente ich mich der Durchschneidung des Nerven und der Temperaturmessung. Die letztere Bestimmung führte ich gleichzeitig an den beiden Extremitäten und im After aus. Die verwendeten Thermometer waren von *Geissler* angefertigt: an ihnen konnten Zehntel eines Grades unmittelbar abgelesen werden: ihre Quecksilbergefässe waren so klein, dass sie zwischen zwei Zehen eines mässig grossen Hundes vollkommen Platz hatten. Die an die Extremitäten gesetzten wurden beiderseits zwischen je zwei gleichnamige Zehen gesteckt und daselbst durch einen Faden festgehalten, welcher um die Nägel der Zehen geschlungen war.

Mit Hülfe der ebenerwähnten Thermometer wurde also selbstverständlich nicht die Temperatur der gesammten Pfote, sondern nur die einer besondern Stelle gemessen. Da jedoch kein Grund vorliegt, warum man der Haut zwischen zwei Fingern ein besonderes Verhalten anweisen sollte, so dürfte man wohl berechtigt sein, die Angaben, welche am Thermometer abgelesen wurden, mindestens auf die ganze Pfote zu beziehen.

Da die Messung an drei Orten ausgeführt wurde, so konnte nicht allein der Temperaturunterschied der beiden Pfoten, sondern auch derjenige zwischen den Pfoten und dem Herzblut bestimmt werden. Der letztere Unterschied und namentlich der, welcher zwischen dem Wärmegrad der Pfote auf der operirten Seite und demjenigen des Blutes besteht, muss darum, wie ich glaube, ermittelt werden, weil der Beweis, welcher für die Abhängigkeit eines Gefässbezirks von einem durchschnittenen Nerven erbracht werden soll, auf diesem Unterschiede beruht. Denn je näher die Temperatur in den betreffenden Orten derjenigen im Herzen selbst tritt, um so rascher ist der Blutstrom auch in den Gefässen jener Stellen geworden. Wie wichtig es nun auch zu wissen ist, ob sich ein grösserer Temperaturunterschied, der vor der Durchschneidung eines Nerven bestand, in einen kleinern nach Vollendung der genannten Operation verwandelt habe, so reicht dennoch in den von mir zu behandelnden Fällen diese Kenntniss nicht aus

Die Nervenmassen, die ich zu durchschneiden gezwungen war, üben bekannter Maassen auch noch auf andere Gefässe, als die der Pfote, einen bemerkenswerthen Einfluss, dieses gilt namentlich von dem Grenzstrang der Brusthöhle, welcher den Unterleibsgefässen Nerven zuführt; nun steht aber durch andere Versuche fest, dass vermöge einer Erweiterung der kleinen Arterien in den Baucheingeweiden die Blutmasse, welche durch die Arterien des Kopfes und der Extremitäten fliesst, wesentlich vermindert wird. Wir werden demnach zu erwarten haben, dass nach Durchschneidung des Grenzstrangs und seiner Wurzeln eine Erniedrigung des Wärmegrades in den Extremitäten eintritt. Diese Herabsetzung muss jedoch, soweit unsere Einsicht reicht, gleichmässig in den beiden vordern Extremitäten stattfinden; wir werden darum einen Maassstab für sie erhalten, wenn wir auch noch die Aenderungen der Temperatur in der Pfote ermitteln, welche auf der nicht operirten Seite befindlich ist. Diese letztere Behauptung setzt die allerdings nicht streng bewiesene Annahme voraus, dass die Abkühlungsursachen in den beiden vordern Extremitäten nach Zeit und Stärke gleichmässig fortgeschritten sind. — Meine sämmtlichen Versuche sind an Hunden angestellt, die mit Curare vergiftet und durch die künstliche Respiration am Leben erhalten wurden. Der Gebrauch des Curare rechtfertigte sich durch den Vortheil, den die Unbeweglichkeit der Thiere für die genaue Temperaturmessung darbietet. Die bei Vergiftung mit Curare gewöhnlich eintretende Verengung der kleinen Arterien konnte auch insofern von Nutzen sein, als durch den Contrast zwischen der in Folge von Nervendurchschneidung eintretenden Gefässerweiterung der einen Extremität und der durch Curare gesteigerten Gefässverengerung der anderen Extremität der Temperaturunterschied schärfer hervortreten konnte.

Eine erste Versuchsreihe stellte ich an, um den Einfluss der drei letzten Hals- und der zwei obersten Brustwurzeln zu prüfen; die Operation führte ich genau nach den Angaben aus, welche *Cl. Bernard* für seine Versuche gegeben hat. Aus einer grössern Zahl von Beobachtungen führe ich als Beispiele die Versuche I und II an. Sie sind graphisch in der Tafel II und nach ihren Zahlenwerthen in der angehängten Tabelle dargestellt.

Aus der Betrachtung der Figuren und Zahlen geht hervor,

dass nach der Durchschneidung der genannten fünf Wurzeln die Temperatur in der Pfote auf der operirten Seite etwa um einen Grad höher ist als in der Pfote der nichtoperirten Seite. Dieser Befund stimmt allerdings nicht mit der Angabe *Cl. Bernard's*, welcher in der Regel das Umgekehrte gesehen hat. Aber trotzdem möchte ich aus dieser Abweichung keinen Beweis gegen die Schlussfolgerung des französischen Physiologen ziehen. Denn abgesehen von dem geringen Werthe des Temperaturunterschiedes spricht noch ein anderer Umstand gegen die Annahme, dass die Durchschneidung der genannten Wurzeln zu einer Gefässerweiterung in der Pfote geführt habe. Dieser besteht darin, dass in der fortschreitenden Zeit, während welcher das Thier vollkommen ruhig lag, die Pfotentemperatur auf der operirten Seite zuweilen unter die auf der nicht operirten herabsank, wofür sich in Versuch I ein Beispiel findet.

Die Ausrottung des ersten Brustganglions ruft dagegen augenblicklich eine beträchtliche Temperatursteigerung in der Pfote auf der operirten Seite hervor, so dass zum Mindesten darüber kein Zweifel besteht, dass die Nerven der Pfotengefässe ganz vorzugsweise aus jenem Ganglion hervortreten.

Um dem ersten Brustganglion die Bedeutung gegen alle Einwürfe sicher zu stellen, welche ihm zuerkannt wurde, war jedoch noch ein weiterer Versuch nothwendig.

Die anatomische Untersuchung der betreffenden Partie hatte mir ergeben, dass das erste Brustganglion ausser den bisher genannten noch mit anderen Wurzeln durch rami communicantes in Verbindung steht und zwar auf folgende Weise. Ein oberer ramus communicans dieses Ganglions theilt sich in zwei Zweige, von welchen der eine zur sechsten Halswurzel geht, der andere sich an die art. vertebralis anschliessend, weiter nach oben bis an den zweiten Halswirbel läuft und in seinem Verlaufe mit den verschiedenen Halswurzeln Verbindung eingeht. Ausserdem steht das ganglion stellatum noch in Verbindung mit der dritten Brustwurzel und zwar vermittelst eines sehr starken ramus communicans. Eine genaue Darstellung der Lage und der Verästelung des ganglion stellatum befindet sich auf der beigefügten anatomischen Tafel angegeben. Um den Verlauf des eben erwähnten ramus communicans zeigen zu können, ist derselbe in der Zeichnung etwas über die arteria vertebralis gezogen. (Siehe unten die Erklä-

rung der Figuren.) — Es war also nothwendig, um das ganglion stellatum vollständig von den Wurzeln, die den plexus brachialis bilden, zu trennen, auch die dritte Brustwurzel bei den Versuchen durchzuschneiden. Versuch III zeigt aber, dass auch diese Durchschneidung an dem oben angeführten Resultate der Versuche nichts zu ändern vermag.

Nachdem ich mich so von der vollkommenen Richtigkeit der *Bernard*'schen Angaben überzeugt zu haben glaubte, versuchte ich die Frage zu lösen, durch welche rami communicantes das ganglion stellatum diejenigen Gefässnerven erhält, welche es der vorderen Extremität übermittelt.

Um mit Bequemlichkeit zum Ganglion und seinen zuführenden Aesten gelangen zu können, wurde das curarisirte Thier in der Bauchlage befestigt. Durch eine Unterlage unter den Brustkorb wurde dem Thiere eine nach vorne ziemlich stark geneigte Lage gegeben. Sodann machte ich in der Mitte zwischen den Wirbeln und dem innern Rande der Scapula einen ergiebigen halbrunden Hautschnitt, dessen Convexität den Wirbeln zugewendet war und dessen stärkste Ausbuchtung den Winkel des Schulterblatts umgab. Darauf trennte ich den musculus levator anguli scapulae dicht an seiner unteren Insertionsstelle vom Schulterblatt und gewann dadurch die Möglichkeit, die operirte Extremität schräg über die vordere Halspartie hinweg nach der anderen Seite herüberzuziehen und so das Schulterblatt beträchtlich vom Brustkorb zu entfernen. Die fünf ersten Rippen lagen dann in ihrer hintern Hälfte ganz frei und dem Operiren leicht zugänglich. Nachdem ich das hintere Drittheil der beiden ersten Rippen resecirt und die betreffenden Intercostalwurzeln entfernt hatte, bot es keine Schwierigkeit mehr, das ganglion stellatum vorsichtig frei zu präpariren und zu isoliren. Für eine leichtere und sorgfältigere Isolation dieser Nerven ist es wünschenswerth, die Pleura bei der Resection der Rippen nicht zu verletzen. Ich erreichte dies dadurch, dass ich die Rippen erst nach vorheriger Ablösung des Periostes resecirte. Bei einiger Uebung lässt sich die subperiostale Resection der Rippen ohne Schwierigkeiten ausführen. Um sich das Aufsuchen des Ganglions zu erleichtern, darf man nur den Intercostalnerven folgend den Grenzstrang und dann das Ganglion aufsuchen. Es ist für den Ungeübten überhaupt rathsamer

das Ganglion von unten aufzusuchen, da man sonst leicht in gefährliche Collision mit den Vertebralgefässen geräth.

Nachdem ich sämmtliche rami communicantes aufgesucht hatte, führte ich unter jeden einen Faden, an dem ein Stückchen Papier mit der entsprechenden Nummer befestigt war. Bei der Durchschneidung der rami communicantes blieb dieser Faden am peripherischen (im Verhältniss zum Ganglion) Theil des Nerven hängen, so dass ich nach Beendigung des Versuchs immer an der Leiche constatiren konnte, welcher ramus communicans zu einer bestimmten Zeit durchschnitten war. Nun wurde die operirte Extremität in ihre normale Lage gebracht, die Wunde geschlossen und die Temperatur der beiden Extremitäten während einiger Zeit unter einander verglichen. Nach einer solchen Temperaturmessung wurde die Wunde schnell wieder eröffnet, der gewünschte ramus communicans mit einer feinen Scheere durchschnitten, sodann die Wunde geschlossen und während längerer in der Tabelle angegebenen Zeit Temperaturmessungen der beiden Extremitäten gemacht.

Die Versuche IV, V und VI stellen Beispiele solcher Versuche dar. Versuch IV zeigt, dass Durchschneidung des untersten Zweiges des Ganglions, der aus der Vereinigung des Grenzstrangs mit dem ramus communicans der dritten Brustwurzel entsteht, eine beträchtliche Gefässerweiterung der vordern Extremität veranlasst, die sich durch eine sofortige Temperaturerhöhung um 2,8° kund giebt; im Verlauf von 23 Minuten steigt der Temperaturunterschied zwischen den beiden Pfoten bis zu 6,8°. Durchschneidung der übrigen rami communicantes hatte keine grössere Steigerung zur Folge, im Gegentheil die Temperaturdifferenz der beiden Extremitäten fing an sich etwas auszugleichen, um dann bei Durchschneidung des oben beschriebenen vertebralen Zweiges des Ganglions auf 7,7° bis 9,3° zu gelangen.

Versuch V zeigt, dass die bei der Durchschneidung des untersten Zweiges des Ganglions eintretende Gefässerweiterung einzig und allein von der Durchtrennung des sympathischen Grenzstrangs abhängig ist, indem die vorherige Durchschneidung des ramus communicans der dritten Brustwurzel von gar keinem Einfluss auf die betreffenden Gefässe ist. Versuch VI ergab dasselbe Resultat.

Diese Versuche, wie mehrere ähnliche, zeigten also im

Widerspruch mit den *Schiff*'schen Versuchen, dass d i e G e f ä s s n e r v e n f ü r d i e P f o t e d e r v o r d e r n E x t r e m i t ä t i m G r e n z s t r a n g e v e r l a u f e n u n d e r s t v o n u n t e n h e r i n d a s g a n g l i o n s t e l l a t u m t r e t e n. Diese Versuche erklären auch den Widerspruch, in welchen die Resultate *Bernard's* zu dem bekannten Verlauf der Gefässnerven im Rückenmark zu stehen scheinen. Da die Gefässnerven für die vordere Extremität erst unterhalb der dritten Brustwurzel das Rückenmark verlassen und von unten her durch den Grenzstrang und das ganglion stellatum zum plexus brachialis treten, so konnte die Durchschneidung der drei letzten Hals- und der drei ersten Brustwurzeln von keinem Einflusse auf die Gefässe sein.

Durch diese Versuche war also der Zweck meiner Untersuchung erledigt. Ich theile hier noch einige Versuche mit, die angestellt worden sind, zu eruiren, an welcher Stelle die Gefässnerven der vordern Extremität aus dem Rückenmark zum Grenzstrang treten. Wie aus Versuchen VII bis XI, die ich als Beispiele anführe, ersichtlich, scheint diese Austrittsstelle der Gefässnerven inconstant zu sein. Während in den Versuchen VII und VIII die Durchschneidung des Grenzstrangs zwischen der 5. und 6. resp. zwischen der 4. und 5. Rippe fast gar keinen Einfluss auf das Lumen der Gefässe der vordern Extremität hatte, erzeugte diese Durchschneidung des Grenzstrangs zwischen der 4. und 5. Rippe in den Versuchen IX, X und XI schon beträchtliche Erweiterungen in den Gefässen; Erweiterungen, die bei nachheriger Durchschneidung des Grenzstrangs zwischen der 2. und 3. Rippe nicht mehr zunahmen. Versuch XI zeigt sogar eine Erweiterung der Gefässe bei Durchschneidung des Grenzstrangs zwischen der 6. und der 7. Rippe. Diese Erweiterung nahm zu bei der Trennung zwischen der 5. und 6. Rippe und erreichte auch sein Maximum bei Durchschneidung zwischen der 4. und der 5. Rippe. Ich will nur darauf aufmerksam machen, dass im Versuch VIII, in welchem die Durchschneidung des Grenzstrangs zwischen der 4. und 5. Rippe gar keine Veränderung des Gefässlumens hervorrief, diese Veränderung sofort bei der Durchschneidung des ramus communicans zum zweiten Ganglion des Grenzstrangs eintrat und dann bei Durchschneidung dieses Ganglions nicht mehr zunahm. Wenn es noch eines directen Beweises für den Austritt der

Gefässnerven aus dem Rückenmark bedürfte, so wäre ein solcher Beweis durch diesen Versuch geliefert.

Im Versuch X dagegen machte die Durchschneidung des ramus communicans zum zweiten Ganglion keine Erweiterung der Gefässe, während eine solche sofort nach der Durchschneidung des Grenzstrangs unterhalb dieses Ganglion eintrat.

Diese Versuche ergeben also, dass die Gefässnerven für die obere Extremität durch die mittlern Dorsalwurzeln zum Grenzstrang gelangen und dass bei verschiedenen Thieren der Verlauf dieser Nerven insofern variirt, als dieselben durch verschiedene dieser Wurzeln austreten können. Diese Inconstanz darf bei den sonstigen bekannten Abweichungen im Bereich des Grenzstrangs bei verschiedenen Individuen nicht besonders überraschen.

Durchschneidung eines einzelnen ramus communicans des ersten Brustganglions zum plex. brachialis hat keine merkliche Gefässerweiterung zur Folge, auch wenn diese sofort eintritt bei Durchschneidung des Grenzstrangs selbst; dagegen veranlasst die gleichzeitige Durchtrennung sämmtlicher rami communicantes eine solche Erweiterung auch ohne Durchschneidung des Grenzstrangs.

Daraus folgt also, dass die Gefässnerven aus dem ganglion stellatum zum plexus brachialis durch mehrere rami communicantes gehen.

Der zeitliche Verlauf, welchen die Temperaturänderung in der Pfote der operirten und nicht operirten Seite darbietet, ist zwar kein streng regelmässiger, aber dennoch lässt sich eine Gesetzmässigkeit nicht verkennen.

Betrachten wir zunächst den Gang der Wärme in der Pfote auf der gesunden Seite, so finden wir in der Regel, dass die Temperatur mit der wachsenden Zeit abnimmt, und dass dieses geschieht, gleichgültig ob die Temperatur im After constant bleibt oder absinkt. Diese Abkühlung der Pfote auf der gesunden Seite scheint öfter, wie man bei einer Durchsicht der Curventafel gewahren wird, in beschleunigtem Maasse einzutreten, wenn in Folge einer Nervendurchschneidung in der entgegengesetzten Pfote die Temperatur rasch anwuchs; doch ist dies keineswegs immer der Fall.

Betrachtet man den Verlauf der Temperaturänderung in der Pfote der operirten Seite, so sieht man auch hier das

Thermometer so lange in einer sinkenden Bewegung begriffen, bis einer der Gefässnerven durchschnitten ist, welcher der Pfote angehört. Von diesem Zeitpunkt an tritt gewöhnlich ein rasches Steigen ein, das jedoch niemals zu dem Wärmegrade führt, welchen das Thermometer im After anzeigt. Nachdem das zwischen den Fingern sitzende Thermometer einige Zeit hindurch seine steigende Bewegung bewahrt hat, beginnt es nun eine solche im umgekehrten Sinn. Dieser Abfall prägt sich vorzugsweise stark aus, wenn auch die Temperatur im After abnimmt. In der Pfote der operirten Seite bleibt jedoch, auch wenn die Temperatur im After constant war, dieses zweite Sinken nicht aus, vorausgesetzt jedoch, dass die Beobachtung lange genug fortgesetzt wurde.

Das Auftreten des plötzlichen Sinkens der Wärme in der Pfote der nicht operirten Seite, wenn die Temperatur in der anderseitigen Pfote plötzlich anstieg, und das Abfallen der Temperatur in der letztgenannten Pfote, nachdem sie dort ein Maximum erreicht, dürfte sich am ungezwungensten dadurch erklären lassen, dass der Blutstrom durch die Extremitäten ein schwächerer wird, weil das Blut aus der Aorta nach andern Seiten hin, wie namentlich nach dem Unterleib mit geringern Widerständen abzufliessen vermag; den Erklärungsgrund, welchen ich hier den Thatsachen unterschiebe, betrachte ich jedoch keineswegs als einen definitiven. Ich habe mich über diese Erscheinungen nur darum ausgesprochen, weil ich die Aufmerksamkeit auch anderer Beobachter auf sie lenken wollte.

Ich lasse nun die Zahlen in tabellarischer Form folgen, auf welche ich mich im Text bezogen und nach welchen die Curven auf Tafel II construirt sind.

Zeit.	Operirte Extremität.	Nicht operirte Extremität.	Differenz.	After.

I. Versuch.

3 Hals- und 2 Brustwurzeln links durchschnitten.

Zeit.	Operirte Extremität.	Nicht operirte Extremität.	Differenz.	After.
5 U. 25 M.	26,1°	24,9°	+ 1,2°	35,0°
5 » 35 »	24,3°	24,6°	— 0,3°	34,0°
	24,8°	24,0°	+ 0,8°	

Ganglion thoracicum primum links entfernt.

Zeit.	Operirte Extremität.	Nicht operirte Extremität.	Differenz.	After.
5 » 45 »	29,9°	25,7°	+ 4,2°	30,0°
5 » 55 »	28,0°	25,2°	+ 2,8°	
	27,2°	24,4°	+ 2,8°	
6 » 20 »	25,1°	23,7°	+ 1,4°	28,6°

II. Versuch.

3 Hals- und 2 Brustwurzeln links durchschnitten.

Zeit.	Operirte Extremität.	Nicht operirte Extremität.	Differenz.	After.
5 » 40 »	31,7°	30,8°	+ 0,9°	35,5°
	31,0°	30,4°	+ 0,6°	
	32,8°	31,8°	+ 1,0°	
	32,5°	30,9°	+ 1,6°	

Ganglion thoracicum primum exstirpirt auf der linken Seite.

Zeit.	Operirte Extremität.	Nicht operirte Extremität.	Differenz.	After.
	33,1°	30,2°	+ 2,9°	34,8°
	33,1°	29,7°	+ 3,4°	
	32,8°	29,1°	+ 3,7°	

III. Versuch.

3 Hals- und 3 Brustwurzeln links durchschnitten.

Zeit.	Operirte Extremität.	Nicht operirte Extremität.	Differenz.	After.
	27,7°	26,9°	+ 0,8°	34,9°
	26,9°	26,2°	+ 0,7°	
	26,2°	25,7°	+ 0,5°	

Ganglion links entfernt.

Zeit.	Operirte Extremität.	Nicht operirte Extremität.	Differenz.	After.
	28,3°	25,2°	+ 3,1°	
	28,1°	25,2°	+ 2,9°	

Zeit.	Operirte Extremität.	Nicht operirte Extremität.	Differenz.	After.
IV. Versuch.				
Brustganglion frei präparirt, den Grenzstrang zusammen mit dem ramus communicans zur III. Brustwurzel durchschnitten.				
10 U. 45 M.	34,6°	31,8°	+ 2,8°	36,1°
10 » 47 »	34,5°	31,2°	+ 3,2°	36,0°
10 » 50 »	34,4°	30,3°	+ 4,1°	36,3°
10 » 53 »	34,4°	29,6°	+ 4,8°	36,3°
10 » 55 »	34,3°	29,7°	+ 4,6°	36,6°
10 » 58 »	34,7°	29,4°	+ 5,3°	36,8°
11 » 2 »	34,9°	28,7°	+ 6,2°	36,6°
11 » 8 »	35,2°	28,4°	+ 6,8°	36,0°
11 » 20 »	35,3°	29,5°	+ 5,8°	36,1°
Rami communicantes zur I. und II. Brustwurzel durchschnitten.				
11 » 30 »	33,5°	28,2°	+ 5,3°	35,6°
11 » 35 »	32,6°	27,7°	+ 4,9°	36,0°
11 » 40 »	32,7°	27,4°	+ 5,3°	35,9°
11 » 45 »	32,7°	27,0°	+ 5,7°	36,0°
Ramus communicans zur VIII. Halswurzel durchschnitten.				
11 » 53 »	33,0°	26,3°	+ 6,7°	35,7°
12 » — »	32,7°	26,3°	+ 6,4°	35,8°
Ramus communicans zur VI. Halswurzel zusammen mit dem in der arteria vertebralis durchschnitten.				
12 » 9 »	33,1°	25,4°	+ 7,7°	35,5°
12 » 13 »	32,6°	25,2°	+ 7,4°	35,8°
12 » 17 »	33,6°	25,1°	+ 8,5°	35,9°
12 » 23 »	34,5°	25,2°	+ 9,3°	36,0°
12 » 25 »	35,0°	26,1°	+ 8,9°	35,9°
12 » 30 »	35,2°	26,0°	+ 9,2°	36,0°
12 » 35 »	34,7°	25,8°	+ 8,9°	35,9°
12 » 43 »	34,8°	25,5°	+ 9,3°	35,8°
V. Versuch.				
Ganglion I frei präparirt.				
12 » 10 »	35,5°	35,9°	— 0,4°	36,7°

Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	After.
Ramus communicans zur III. Brustwurzel durchschnitten.				
12 U. 15 M.	34,5°	36,3°	— 1,8°	37,7°
12 » 20 »	34,0°	35,5°	— 1,5°	38,4°
12 » 25 »	33,6°	35,2°	— 1,6°	38,4°
Grenzstrang dicht am Ganglion durchschnitten.				
12 » 34 »	36,7°	34,6°	+ 2,1°	38,0°
12 » 40 »	36,4°	33,6°	+ 2,8°	—
	35,3°	32 5°	+ 2,8°	—
12 » 50 »	34,2°	31,7°	+ 2,5°	—
12 » 55 »	33,4°	31,1°	+ 2,3°	38,0°
VI. Versuch.				
Ganglion I präparirt.				
5 » 20 »	31,6°	31,4°	+ 0,2°	37,6°
Ramus communicans zur III. Brustwurzel durchschnitten.				
5 » 30 »	31,4°	31,0°	+ 0,4°	36,8°
5 » 33 »	31,4°	30,7°	+ 0,7°	—
Grenzstrang durchschnitten.				
5 » 40 »	32,1°	30,1°	+ 2,0°	—
5 » 43 »	33,7°	29,8°	+ 3,9°	36,7°
5 » 46 »	34,4°	29,5°	+ 4,9°	36,6°
5 » 50 »	35,0°	29,1°	+ 5,9°	36,4°
5 » 55 »	35,2°	28,9°	+ 6,3°	36,2°
VII. Versuch.				
Ganglion präparirt.				
6 » — »	29,1°	29,1°	0°	36,0°
Grenzstrang zwischen V. und VI. Wirbel durchtrennt.				
6 » 10 »	28,8°	27,7°	+ 1,1°	35,8°
6 » 14 »	27,6°	26,8°	+ 0,8°	36,1°
	27,0°	26,1°	+ 0,6°	36,2°

Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	After.
Grenzstrang zwischen IV. und V. Rippe durchschnitten.				
6 U. 25 M.	26,5°	25,1°	+ 1,4°	36,0°
6 » 30 »	26,3°	25,1°	+ 1,2°	36,0°
Grenzstrang vor Vereinigung mit dem ramus communicans zur VI. Brustwurzel, dicht am Ganglion durchschnitten.				
6 » 42 »	28,7°	23,7°	+ 5,0°	35,2°
6 » 46 »	28,2°	24,1°	+ 4,1°	35,4°
6 » 48 »	27,7°	23,9°	+ 3,8°	35,4°
Grenzstrang nach der Vereinigung mit diesem ramus communicans durchschnitten.				
6 » 50 »	27,0°	23,5°	+ 3,5°	

VIII. Versuch.

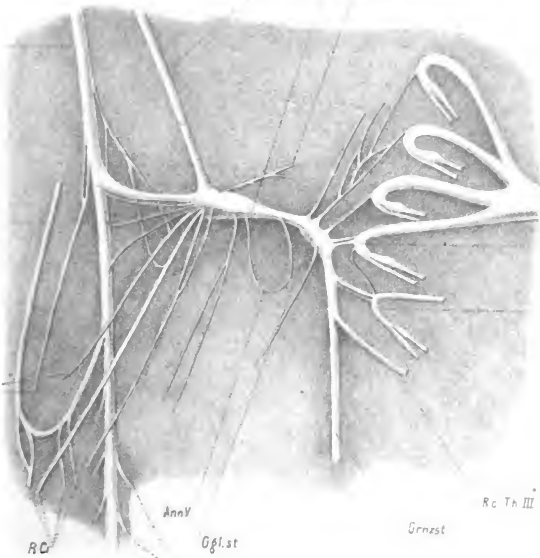
Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	After.
Grenzstrang und II. Ganglion präparirt.				
6 » 20 »	29,2°	29,1°	+ 0,1°	34,1°
Grenzstrang unterhalb des II. Ganglion durchschnitten.				
6 » 30 »	28,0°	28,0°	+ 0°	33,7°
Ramus communicans (unterhalb) zum zweiten Male durchschnitten.				
6 » 42 »	27,0°	24,5°	+ 2,5°	32,5°
Grenzstrang oberhalb des II. Ganglion durchschnitten.				
6 » 46 »	26,0°	23,7°	+ 2,3°	32,0°

IX. Versuch.

Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	After.
Grenzstrang präparirt.				
6 » 2 »	25,3°	24,6°	+ 0,7°	35,6°
Grenzstrang zwischen IV. und V. Rippe durchschnitten.				
6 » 4 »	26,0°	24,0°	+ 2,0°	35,8°
6 » 8 »	26,8°	23,4°	+ 3,4°	35,6°
6 » 15 »	26,3°	22,3°	+ 4,0°	35,2°
6 » 20 »	26,0°	21,8°	+ 4,2°	35,2°

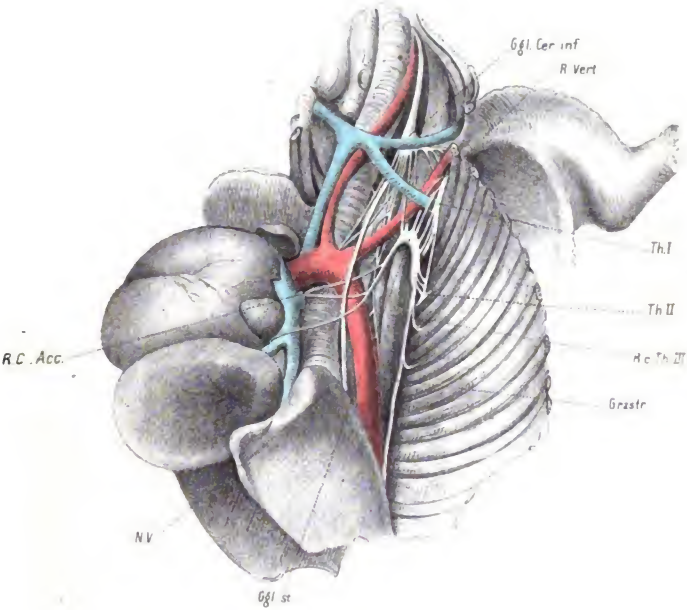
Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	After.
Durchschneidung des ramus communicans zum II. Ganglion.				
6 U. 25 M.	25,8°	21,7°	+ 4,1°	35,1°
6 » 30 »	25,2°	21,6°	+ 3,5°	35,0°
Grenzstrang oberhalb des Ganglion durchschnitten.				
6 » 35 »	24,7°	21,4°	+ 3,3°	34,6°
6 » 40 »	24,1°	21,0°	+ 3,1°	34,2°
X. Versuch.				
Grenzstrang präparirt.				
10 » 50 »	30,6°	34,5°	— 3,9°	38,4°
10 » 57 »	30,3°	33,0°	— 2,7°	38,4°
11 » 10 »	28,0°	31,0°	— 3,0°	38,0°
Ramus communicans zum II. Ganglion durchschnitten.				
11 » 20 »	27,1°	29,7°	— 2,6°	37,5°
11 » 27 »	27,1°	29,0°	— 1,9°	38,0°
11 » 33 »	26,6°	28,8°	— 2,2°	37,5°
Grenzstrang zwischen IV. und V. Rippe durchschnitten.				
11 » 37 »	32,1°	28,2°	+ 3,9°	37,6°
11 » 40 »	33,5°	28,2°	+ 5,3°	—
11 » 42 »	34,5°	28,1°	+ 6,1°	—
11 » 43 »	35,5°	27,8°	+ 7,7°	—
11 » 47 »	36,3°	27,5°	+ 8,8°	37,6°
11 » 49 »	36,6°	27,3°	+ 9,3°	37,5°
11 » 55 »	36,9°	27,1°	+ 9,8°	—
11 » 58 »	36,9°	26,9°	+ 10,0°	—
12 » 6 »	36,8°	26,8°	+ 10,0°	—
12 » 10 »	36,7°	26,6°	+ 10,1°	37,4°
12 » 22 »	36,3°	26,1°	+ 10,2°	37,4°
XI. Versuch.				
Grenzstrang präparirt.				
11 » 24 »	33,5°	31,7°	+ 1,8°	36,1°
11 » 27 »	32,6°	30,8°	+ 2,8°	36,6°
Grenzstrang zwischen VI. und VII. Rippe durchschnitten.				
11 » 32 »	31,0°	28,0°	+ 3,0°	36,5°
11 » 45 »	29,0°	26,3°	+ 2,7°	
11 » 47 »	29,3°	26,0°	+ 3,3°	36,4°

Taf. I.

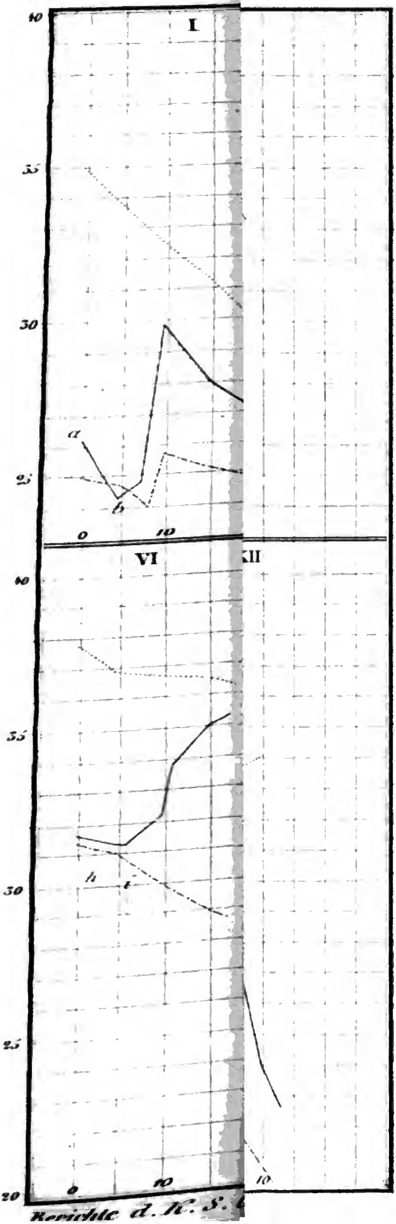


V - N Vagus, N S - N Sympathicus, R S A Cl = Rami Sympathici ad Art Subcl, Ggl Cer
if. - Ganglion Cervicale inferius Ggl st - Ganglion stellatum, Pl Br - Plexus brachialis,
nn V - Annulus Vieusseni, R Cr - Rami Cardiaci, R Oe - Rami oesophagei, N R - N Recur-
ens, Th I ut Th II - Erste 2 Brustwurzeln, R c Th III - Ramus communic zum Ggl st von
er 3 Brustwurzel, Grnzst - Grenzstrang.

Berichte d. K. S. Ges. d W. matth phys. Cl. 1868.
Zur Abhandlung v. E. Cyon.



N V = N Vagus, Ggl Cer. inf = Ganglion Cervicale inferius, Ggl. st = Gangl stellatum.
Th I et Th II = 2 erste Brustwurzeln; Grzstr = Grenzstrang. R Vert = Ramus communicans welcher neben der Art vertebralis verlauft, R. C Acc = Rami Cardiaci acceleratorii —
R c. Th. III. Ramus communic. zur 3 Brustwurzel. —



Es werden durchschnitten bei

a. 6 7 8 Hals Wurzel
1 2 Brust Wurzel.
b. Gangl. stellatum
c. 6 7 8 Hals Wurzel
1 2 3 Brust Wurzel
d. Grnzstr. u. Ram. comm. Th. III
e. Ram. comm. Th. I u. II.
f. R. c. Cerv. VIII.
g. R. c. Cerv. VI u. Ram. vert.
h. R. c. Th. III.
i. Grnzstr. dicht unter d. Gangl. stell.
k. Grnzstr. zwischen 5. u. 6. Wirbel
l. Grnzstr. zwischen 4. u. 5. Wirbel.
m. Grnzstr. vor d. Vereinigung mit d. Ram. comm.
n. Grnzstr. nach d. Vereinig. m. d. R. c. Th. III.
o. Grnzstr. unterhalb ds 2. Ganglion
p. Ram. comm. zum 2. Ganglion
q. Grnzstr. oberhalb des 2. Ggl.
r. Grnzstr. zwischen 6. u. 7. Wirbel
s. Mehrere Ram. comm. zum Gangl. stell.

Nachweiß der Linien.

.... After
—— Pfote d. operirten Seite.
------ Pfote d. ges. Seite.

Lith. Anst. v. J.

Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	After.
Grenzstrang zwischen IV. und V. Rippe durchschnitten.				
11 U. 55 M.	31,4°	25,1°	+ 6,3°	36,0°
11 » 57 »	33,1°	25,0°	+ 8,1°	36,0°
12 » — »	34,3°	24,7°	+ 9,6°	36,0°
12 » 1 »	34,5°	24,5°	+ 10,0°	36,0°
12 » 2 »	34,7°	24,2°	+ 10,5°	36,0°
12 » 3 »	34,7°	23,9°	+ 10,8°	36,0°

XII. Versuch.

Brustganglion I präparirt.

11 » 50 »	24,9°	23,0°	+ 1,9°	33,4°

Mehrere rami communicantes zum I. Brustganglion durchschnitten.

12 » 10 »	28,0°	22,5°	+ 5,5°	34,0°
12 » 3 »	27,3°	22,0°	+ 5,3°	33,8°
12 » 10 »	24,0°	20,7°	+ 3,3°	34,0°

Grenzstrang durchschnitten.

12 » 15 »	22,8°	20,0°	+ 2,8°	?

Erklärung der Tafeln.

Tafel I. Fig. 1 stellt die Lage des letzten Hals- und ersten Brustganglions mit ihren Zweigen im Verhältniss zu den übrigen Organen dieser Partie beim Hunde dar. Der n. vagus und sympathicus liegen in derselben Scheide und sind zusammen mit dem letzten Halsganglion etwas in die Höhe gezogen um seine Verzweigungen, die sonst durch die Venen verdeckt werden.

Tafel I. Fig. 2 zeigt die Verästelungen dieses Ganglion bei einem anderen Thiere. Der n. sympathicus ist durch Präparation vom nervus vagus getrennt worden. Nahe an dem ganglion cerv. inferior waren dieselben schon von Natur getheilt. Die beiden Ganglien sind mit den Wurzeln des plexus brachialis herausgeschnitten und auf ein Brett ausgespannt worden. Die weiteren Aufklärungen sind durch die Schrift der Tafel gegeben.

Tafel II. An die senkrechten Ordinaten sind die Temperaturen angeschrieben und zwar in Graden der Centesimalscala; auf die waagrechten Ordinaten ist die Zeit aufgetragen. Die Einheit der Zeit ist durch ein Versehen des Steinzeichners zu Minuten angenommen, so dass die auf der Tafel II vorkommenden Zeitzahlen 10. 20, 30 u. s. f. gleich 20, 40, 60 Minuten genommen werden müssen. Alles übrige auf der Tafel ist durch die Beischrift verständlich.

Ein neuer Versuch über den ersten Herzton.

Von

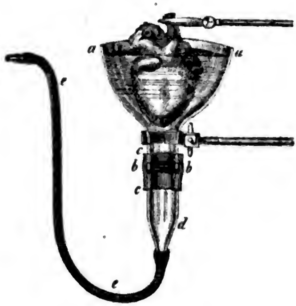
J. Dogiel und **C. Ludwig.**

Die Annahme, dass der erste Herzton im Wesentlichen als ein Muskelgeräusch anzusehen sei, findet, wie uns scheint, nur darum noch häufigen Widerspruch, weil zu ihrem Beweise ein tadelfreier Versuch fehlt. Zu einem solchen würde gehören, dass der erste Ton noch deutlich hörbar sei an einem Herzen, das 1. eine weit geringere Blutmenge enthält als nöthig, um die venösen Klappen desselben zu entwickeln oder zu spannen, das 2. bei seinen Bewegungen keine Luft aufnehmen kann, weil die sämmtlichen aus den Vorhöfen und Kammern hervorgehenden Gefässe zugebunden sind, und das 3. in dem Apparat, welcher den Schall zum Ohr leitet, so aufgehängt ist, dass durch die Kammercontraction kein geräuscherzeugender Stoss bedingt wird.

Diese Bedingungen haben wir auf folgende Weise herbeigeführt: Ein starker Hund, der mit Curare vergiftet war, wurde durch künstliche Athmung am Leben erhalten und ihm auf bekannte Weise die Brusthöhle eröffnet: dann wurden sämmtliche aus dem Herzen hervorkommende Venen- und Arterienstämme freigelegt und unmittelbar an ihrem Austritt um jeden derselben ein starker Faden geschlungen. Nachdem die Vorbereitung so weit gediehen, wurden die angelegten Fäden bis zur vollständigen Verschliessung des betreffenden Gefässes zugeschnürt. Die Unterbindung geschah in der nachstehenden Reihenfolge. Zuerst an der obern Hohlvene, wobei natürlich die vena azygos, vom Herzen aus gerechnet, jenseits der Ligatur lag, dann die untere Hohlvene, darauf die Lungenarterie, dann die beiden Lungenvenen an den Lungenwurzeln, und endlich, nachdem durch einen sanften Druck das linke Herz möglichst vollständig

entleert war, die Aorta. Darauf wurden jenseits der Ligaturen die Gefässe durchgeschnitten und das Herz zuweilen noch in Verbindung mit den Lungen rasch heraus genommen und augenblicklich in den schallleitenden Apparat gehängt.

Dieser letztere bestand, wie der beistehende Holzschnitt zeigt, aus einem abgesprengten und abgeschliffenen Glas-



kolben von entsprechender Grösse. Die breite offene Basis desselben *aa* war nach oben gerichtet, die Mündung des kurzen Halses war mit einer dünnen Kautschukplatte *b* verschlossen; an diesen Hals schloss sich mittelst der Kautschukröhre *c* ein Glasrohr *d* an, über dessen unteren ausgezogenen Theil das Kautschukrohr eines Stethoscopes von *König* gesteckt wurde. Bevor das Herz in den Raum *aa* hineingebracht wurde, war dieser schon mit defibrinirtem Blut, welches einem andern Thier entzogen war, angefüllt, und bei dem Eintauchen ward dafür gesorgt, dass keine Luftblasen im Blut und an der Herzwand zurückblieben, und ferner dafür, dass das Herz die Wand des Glasgefässes nirgends berührte. Sowie der Versuch bis zu diesem Punkt gediehen war, konnte ein Beobachter mit Hülfe des Röhrchens *e* die Töne, welche sich jetzt noch hören liessen, wahrnehmen.

Bevor wir das, was zu hören war, beschreiben, müssen wir erwähnen, dass es uns trotz grösster Sorgfalt niemals gelungen ist, ein vollkommen blutfreies Herz für den Versuch zu gewinnen. Der rechte sowohl wie der linke Ventrikel zeigten sich jedesmal bei der Obduction noch mit einem merklichen

Blutrest behaftet, selbst wenn sie während des Versuchs den Anschein vollkommener Blutleere darboten. Da die arteria pulmonalis und die arteria aorta noch mehrere kräftige Contractionen ausgeführt hatten, nachdem ihre blutzuführenden Venen unterbunden waren, so gewinnt es darnach den Anschein, als ob sich die Kammerhöhlen nicht mehr vollständig in die Arterie zu entleeren vermöchten, wenn sich die Venenklappen aus Mangel an spannendem Blut nicht mehr zu stellen vermögen. So wünschenswerth eine weitere Verfolgung dieser Erscheinung ist, so wenig kann dieselbe als eine für unsern Zweck störende angesehen werden. In einigen Fällen haben wir die im Herzen restirende Blutmenge gemessen und mit denjenigen verglichen, welche nothwendig waren, um eine Entfaltung der Venenklappen an der linken Kammer herbeizuführen. Hierbei stellte sich heraus, dass die restirende Menge um das Vier- bis Zwanzigfache geringer war als diejenige, welche der Ventrikel zur Stellung der Zipfelklappen nöthig hatte. Demnach konnte die Blutmenge, welche das ausgeschnittene Herz noch fasste, in keiner Weise zur Klappenspannung genügen; dass dieses auch bei den Herzen, in denen wir keine ähnlichen Bestimmungen ausgeführt haben, unmöglich war, ging ohne Weiteres aus dem zusammengefallenen Ansehen derselben hervor, welches sie in der Diastole darboten.

Die Contraction der Kammern, welche das ausgeschnittene Herz sehen lässt, erstrecken sich entweder gleichzeitig auf alle Stücke derselben und sind dann normal und kräftig, oder sie erfolgen nicht gleichzeitig in allen Muskelpartien, sondern laufen peristaltisch ab. Die erste Art der Zusammenziehung wollen wir als Schlag, die zweite als Gewühl bezeichnen.

Natürlich glücken nicht alle Versuche; verfährt man jedoch mit den Unterbindungen rasch und nimmt man sie erst vor, nachdem die Brusthöhle 20—30 Minuten bei bestehendem Lufteinblasen eröffnet war, so gelingen weitaus die meisten der Beobachtungen.

Da das ausgeschnittene Herz sehr unregelmässig schlägt, so kann man diesen Umstand benutzen, um sich vor weitern Täuschungen sicher zu stellen. Man lässt den Beobachter, in dessen Ohr das Kautschukrohr ausmündet, mit abgewendetem Gesicht die Schläge zählen, welche er hört, während dess ein andrer Beobachter sich durch die Betrachtung des Herzens

überzeugt, ob die gesehenen mit den gehörten Schlägen übereinstimmen.

Auf diese Weise haben wir Beide uns davon vergewissert, dass das ausgeschnittene nahezu blutleere Herz während der Zusammenziehung seiner Kammern einen Ton hervorbringt, welcher, soweit unser Unterscheidungsvermögen reichte, nicht wesentlich von dem verschieden ist, den die Kammer-Systole des lebenden Hundeherzens erzeugt. Dieses trifft jedoch nur dann ein, wenn die Bewegung des ausgeschnittenen Herzens eine schlagende ist. Tritt statt ihrer das Kammerfleisch in die wühlende Bewegung, so verwandelt sich das, was man hört, in ein summendes Geräusch.

Die Herren Professoren *O. Funke* und *Schweigger-Seidel* haben die Güte gehabt, die von uns gewonnenen Resultate zu prüfen und dabei unsern Befund bestätigt. Trotzdem hielten wir es für gerathen, eine Bestätigung durch ein sehr geübtes Ohr zu erhalten. Wir ersuchten deshalb Herrn Dr. *L. Thomas*, sich an unsern Versuchen zu betheiligen und sich schriftlich über das, was er gehört hätte, auszusprechen. Herr Dr. *Thomas* hatte die Güte, unserm Wunsche zu entsprechen und uns namentlich die Erlaubniss zu ertheilen, die folgenden von ihm niedergeschriebenen Zeilen veröffentlichen zu dürfen. Wir legen selbstverständlich auf das Urtheil dieses ausgezeichneten Fachmannes einen grossen Werth. — Zu den drei Beobachtungen, welche Herr Dr. *Thomas* erwähnt, müssen wir bemerken, dass in der ersten derselben das Herz nicht mehr schlug, nachdem dieses in das Blut des Glaskolbens eingetaucht war, sondern dass seine Muskeln nur noch die wühlende Bewegung darboten; in den beiden andern Versuchen schlug das Herz innerhalb des Blutgefässes anfangs noch kräftig, dann aber ging es, wie immer, in das Muskelgewühl über.

»Beim ersten Versuch hörte ich ausser einem undeutlichen Summen, welches in unregelmässiger Weise wiederkehrte, nichts Auffallendes.

»Beim zweiten Versuch (27. März) hörte ich beim Eintauchen des Herzens sofort und sehr deutlich eine Reihe von ungefähr dreissig verhältnissmässig lauten einfachen »Tönen«. Die Schallerscheinung war kurz und scharf abgeschlossen, eine Spaltung durchaus nicht wahrzunehmen. Ihre Lautheit schätze ich auf die Hälfte eines normalen ersten Herztons; ihre Frequenz

auf 80—90. Ziemlich plötzlich wurden die Töne viel schwächer und langsamer; sie erschienen der geringeren Stärke wegen nicht so wie früher von dem im Gummischlauch entstehenden Nebengeräusch begleitet, also reiner, und hörten bald auf, um dem im ersten Versuch erwähnten undeutlichen Summen zu weichen.

»Beim gestrigen dritten Versuch waren anfänglich die Töne zwar in etwas geringerer Intensität, doch in völlig gleicher Qualität hörbar. Ihre Frequenz war zuerst viel beträchtlicher als früher; nachdem sie langsamer geworden waren, erschienen sie wie am Schlusse des vorgestrigen Versuchs. Zuletzt kam wieder das uncharakteristische Summen.

»Ich habe stets nur einen Ton wahrgenommen synchronisch mit der Systole.

»Der gehörte ‚Ton‘ hat nicht die geringste Aehnlichkeit mit einem Geräusch, welches durch Anklopfen oder auf andere Weise in dem bei der Untersuchung benutzten Glasgefäss entstanden sein könnte. Insbesondere bringt Anschlagen der Herzspitze an die Wandungen desselben eine irgend ähnliche Schallerscheinung nicht hervor.

»Der Ton unterscheidet sich vom normalen ersten Herzton nur durch seine Länge und etwas geringere Intensität; es erscheint der erste Herzton, zumal bei kräftiger Aktion öfters gespalten oder vielmehr so zu sagen leicht einfach oder doppelt gekerbt, was bei diesen Versuchen entschieden nicht der Fall war.«

Nachdem es durch die vorstehenden Versuche sicher gestellt war, dass das ausgeschnittene Herz unabhängig von der Klappenspannung zu einem Ton Veranlassung geben kann, entschlossen wir uns, das blutleere Herz noch zu einem andern, leichter zu handhabenden und sicherer gelingenden Versuch zu benutzen.

Dieser letztere bestand einfach darin, dass wir auf die oben beschriebene Weise das Herz des curarisirten Hundes bloslegten und die Fäden, deren wir oben Erwähnung gethan, um die Gefässe schlangen, dann durch einen Gehülfen die Fäden in der oben bezeichneten Reihenfolge so lange empor heben liessen, bis das Herz blutleer geworden war; sowie diess geschehen, nahm ein Beobachter mittelst eines Stethoscops, das unmittelbar auf den Ventrikel gesetzt wurde, die Auscultation vor. Um den Ton, welcher vom Herzen selbst ausging, unabhängig erschei-

nen zu lassen von demjenigen, welcher durch das Anschlagen der Herzmasse an das Material des Stethoscops erzeugt wurde, fertigten wir uns vier verschiedene Sorten von Stethoscopen an. Alle vier derselben besassen ein Kautschukrohr, das in einen kleinen Trichter auslief. Dieser letztere war an jedem von einem andern Material hergestellt. Der eine von ihnen war das bekannte Stethoscop von *König*, also Messing mit Kautschuk gedeckt; bei dem zweiten bestand der Trichter aus dünnem Messing, ohne Deckung an seiner Basis; bei dem dritten aus Glas ohne Deckung, am vierten endlich, welcher aus Messing hergestellt war, war die Basis mit einer dünnen Zinkplatte gedeckt, die an den Messingrand gelöthet war. — Beim Anschlagen mit dem Finger gab jeder dieser Trichter einen eigenthümlichen wohl zu unterscheidenden Klang.

Als wir der Reihe nach die aufgezählten Stethoscope auf das Herz anwendeten, hörten wir zwei tonartige Geräusche; das eine von diesen wechselte mit dem Material des angewendeten Trichters, das andere war dagegen in allen Fällen dasselbe. Herr Dr. *Thomas*, welcher auch bei einigen von diesen Versuchen uns zu unterstützen die Güte hatte, schilderte das, was er gehört, durch folgende tabellarische Mittheilung.

Material, welches das Herz berührt.	Im Beginn der Kammercontraction.	Im Verlauf der Kammercontraction.	Zu Ende der Kammercontraction.
Kautschuk	unbestimmtes Geräusch, ganz kurz, relativ laut	sehr reiner Herzton	scharrendes gedehntes Geräusch, vom Herzton deutlich zu unterscheiden.
Metall. Luft	Schwaches unbestimmtes Geräusch	Herzton dumpf, wenig stark	schwaches dumpfes Streifen.
Glas. Luft	dasselbe	Herzton deutlich hell, nicht laut	ein Hauchen neben einem hellen hohen Pfeifen.
Metall	nichts	Herzton schwach und dumpf	unbestimmtes schwaches Streifen.

Mit dieser Bezeichnung der Empfindungen konnten wir uns ebenfalls einverstanden erklären, wenn wir auch, wie es bei der unvollkommenen Bezeichnungsweise der Geräusche natürlich ist, uns etwas andrer Ausdrücke bedient haben würden. Dar-

über, und diess scheint uns das Entscheidende, war jedoch bei allen Betheiligten kein Zweifel, dass die in der ersten und letzten Reihe aufgeführten Nebentöne auch durch die Berührung der in der ersten Reihe aufgezählten Materialien zu Stande kamen und dass neben diesen Geräuschen noch ein Ton von den bekannten Eigenschaften des ersten Herztons gehört wurde. Dieser letztere musste also schon innerhalb des Kammerfleisches entstanden sein, da er durch den Anstoss einer weichen Fläche gegen die verschiedenen Materialien des Hörtrichters nicht hervorzubringen war.

Mit einigen leicht zu erfüllenden Vorsichtsmassregeln lässt sich der letzterwähnte Versuch ausserordentlich oft wiederholen und variiren. Denn wenn in Folge der einige Minuten dauernden Blutleere das Herz unregelmässig und schwach zu schlagen beginnt, so braucht man nur die emporgehobenen Ligaturen zu senken, damit das Blut von Neuem einige Minuten das Herz durchsetzt und dieses wieder herstellt. alsbald kann man die Ligaturen wieder anziehen und die Beobachtung am blutleeren Herzen wiederholen.

Dieses Verfahren wird auch geeignet sein, um den Unterschied des Geräusches zu ermitteln, welchen das blutleere im Gegensatz zu dem Herzen ausgiebt, dessen Höhlen mit Blut gefüllt und dessen Zipfelklappen darum gespannt sind.

Während wir am ausgeschnittenen Herzen niemals etwas von dem zweiten Herzton wahrnehmen konnten, haben wir ihn mehrmals, wenn auch schwach, an dem Herzen beobachtet, das in seiner normalen Lage blutleer gemacht worden war. Auch Herr Dr. *Thomas* hat sich in einem Fall von der Anwesenheit dieses zweiten Tons überzeugen können. Sein Erscheinen verliert das Auffällige, wenn man erwägt, dass, wie schon früher bemerkt, trotz der Fadenschlingen um die Gefässe die Herzhöhlen noch etwas Blut enthalten. Dieses dürfte, wenn es in eine Aorta geworfen wird, die in der Nähe des Herzens abgebunden ist, hinreichen, um die Halbmondklappen zu entfalten. Diese letztern konnten aber während der vorhergehenden Pause etwas zusammenfallen, weil dem Inhalt des Aortenstumpfes durch die Kranzarterien ein Ausweg gestattet war. Bei einer Wiederholung der vorstehenden Versuche wird hierauf Rücksicht zu nehmen sein; lässt man die Aorta offen, während alle übrigen grossen Gefässe geschlossen sind, so wird, wie zu er-

warten, der zweite Ton immer ausbleiben, eine Annahme, von deren Richtigkeit wir uns schon überzeugt zu haben glauben.

Eine weitere Fortsetzung der vorstehenden Versuche haben wir unterlassen, da wir der Ueberzeugung sind, dass sie erfolgreicher von Andern weiter geführt werden können, welche besser als wir im Auffassen der Herztöne geübt sind. Uns hat es genügt, eine neue Stütze gewähren zu können der zuerst von *Charles Williams* ausgesprochenen Behauptung, welche, wenn wir sie recht verstehen, dahin lautet: »dass das Muskelgeräusch einen wesentlichen Antheil an der Erzeugung des ersten Herztons nehme.« So gefasst, bleibt durch die vorliegenden Beobachtungen nicht ausgeschlossen, dass auch noch andere Umstände wie z. B. die Erzitterung der Klappen einen Beitrag zum ersten Herzton liefern. Durch Versuche an Hunden, die mit Curare beruhigt sind, wird sich dieses von einem geübteren Ohr leicht ermitteln lassen.

In obigen Zeilen wurde wiederholt der Ton, welchen das ausgeschnittene blutleere Herz erzeugte, als ein Muskelton bezeichnet. In der That scheint die Berechtigung zu diesem Ausdruck auf dem Wege der Exclusion geführt zu sein. Welch andrer Umstand könnte noch tonerzeugend wirken? Gesetzt, man anerkenne aber in dem ersten Herzton einen Muskelton, so würde es immer fraglich bleiben, ob dieser seiner Entstehung nach mit den Geräuschen oder Tönen in Parallele gesetzt werden dürfe, welche in tetanisch erregten Muskeln entstehen. Bekanntlich begünstigen die in der neuern Zeit bekannt gewordenen Thatsachen die Unterstellung, dass die Systole der Kammern eine einfache Zuckung sei; bei einer solchen wäre also von einer Reihe rasch aufeinander folgender Stösse nicht die Rede, die, wie *Helmholtz* zeigte, die Höhe des Tons bestimmen, der vom tetanisirten Muskel ausgeht. Kaum wird es der Erwähnung bedürfen, dass auch ohne eine Reihe rasch ablaufender Erregungsstösse ein System von Fasern, wie das des Herzens, das sich so plötzlich spannt und so vielfach verschlungen ist, Töne oder Geräusche veranlassen kann.

Zur Physiologie und Anatomie des Blutstroms in der Trommelhöhle.

Von

Dr. A. Prussak.

Mit zwei Tafeln in Farbendruck.

Der Blutstrom in der Wand der Trommelhöhle muss mit eigenthümlichen Einrichtungen ausgestattet sein, die es bedingen, dass im gewöhnlichen Laufe des Lebens der Hohlraum der Trommel seine Füllung mit Luft behauptet. Bei der geringen Festigkeit der Weichtheile, welche die Blutgefässe von dem Luftraum der Trommelhöhle scheiden, könnte man häufige Blutungen in sie erwarten; — da den weichen Bedeckungen der knöchernen Trommelwand die Lymphgefässe fehlen, so müssten, sollte man glauben, die serösen Ergüsse, welche in den aus Bindegewebe hergestellten Häuten so häufig vorkommen, an unserm Ort ganz besonders Störungen veranlassen; — da ferner die Trommelhöhle mit einem Epithelium ausgekleidet ist, so muss auch eine Abschuppung desselben eintreten. Geschähe dieselbe einigermassen reichlich, so wäre eine Anhäufung der Schüppchen in der Trommelhöhle um so sicherer zu erwarten, als die Mittel, welche zur Entfernung derselben durch die tuba Eustachii hindurch hier zu Gebote stehen, keineswegs zur Förderung grösserer Massen geeignet sind. Von allen den Schäden, welche soeben als drohend bezeichnet wurden, sieht man jedoch für gewöhnlich keinen eintreten. Wenn hieraus mit Recht auf ein besonderes Verhalten des Blutstroms in den Bedeckungen der Trommelknochen zu schliessen ist, so weisen nicht minder andere Thatsachen auf einen eigenthümlichen Blutstrom im Trommelfell hin.

Für die Aufnahme des Schalles scheint es in keinem Fall gleichgültig zu sein, bis zu welchem Grade die Gefässe des Trommelfells mit Blut erfüllt sind und namentlich, ob das

Trommelfell Theil nimmt an den veränderlichen Congestivzuständen, welchen die Ohrmuschel so reichlich ausgesetzt ist.

Diese Ueberlegungen forderten zu einer erneueten Prüfung über das Verhalten der Blutgefässe in der Trommelhöhle auf. Da die Eigenschaften des Blutstroms, welche auf fundamentale Lebensvorgänge Bezug nehmen, sich bekanntlich in gleicher Weise beim Menschen und den Säugethieren gestalten, so schien es mir gestattet, als Object der Beobachtung die Trommelhöhle des Hundes zu wählen, ohne der Befürchtung ausgesetzt zu sein, dass diese Wahl die Gültigkeit der gewonnenen Resultate für das menschliche Ohr beeinträchtigen würde. Die Kenntniss des anatomischen Verhaltens der Gefässe in der Trommelhöhle erwies sich aber um so nothwendiger, als ich im Verlauf meiner Untersuchungen eine Methode kennen lernte, nach welcher man am lebenden Hund die genannte Höhle in der Weise bloszulegen vermag, dass man den Blutstrom in ihr mit vollster Deutlichkeit beobachten und den Veränderungen, die er durch Nervenerregung erleidet, nachgehen kann. Die Fragen, deren Lösung sich durch die Verbindung von anatomischen und physiologischen Methoden in Aussicht stellte, erwiesen sich bald so zahlreich, dass an ihre Beantwortung während meines kurzen Aufenthalts in Leipzig nicht gedacht werden konnte. Ich muss mir deshalb vorbehalten, nach meiner Rückkehr in St. Petersburg auf den vorliegenden Gegenstand noch einmal zurückzukommen.

I. Ueber das anatomische Verhalten der Blutgefässe und ihrer Umgebung.

Die künstliche Füllung der Blutgefässe, welche in der Wand der Trommelhöhle liegen, ist nicht ohne Schwierigkeit, namentlich wenn man nicht bloss eine vollständige Füllung derselben zu erhalten, sondern auch zu erfahren wünscht, von welchem arteriellen Zufluss jede einzelne Abtheilung der Paukenwand versorgt wird und in welche Venen sie ihr Blut ergiesst. Das wesentliche Hinderniss, welches sich der Erlangung der zuletzt geforderten Erkenntniss entgegenstellt, liegt in den zahlreichen und feinen Aestchen, welche in die Trommelhöhle eintreten und die, obwohl sie einen verhältnissmässig selbstständigen Verlauf besitzen, dennoch einem System angehören,

das in seinen gröbern Verästelungen auf die mannigfachste Weise durch Collateralwege verbunden ist.

Das vorgesteckte Ziel scheint mir nur dadurch mit Sicherheit erreichbar zu sein, dass jedes einzelne der Paukenästchen isolirt eingespritzt wird und zwar so, dass die in das betreffende Gefäss geführte Masse nur in die Paukenhöhle dringt, ohne auch ausserhalb derselben sich zu verbreiten. Diese dem Injectionsverfahren gestellte Aufgabe ist mit den neuesten Verbesserungen desselben lösbar, vorausgesetzt dass man mit der Topographie der zuführenden und der abführenden Stämmchen auf das genaueste vertraut ist und dass man eine leicht bewegliche kalte Masse einspritzt.

Unter den mannigfachen Massen, welche gegenwärtig angewendet werden, fand ich für den vorliegenden Zweck am brauchbarsten eine concentrirte Lösung von Berliner Blau, welches nachträglich durch Zusatz von Kochsalz ausgefällt war. Die Kochsalzmenge muss sehr allmählich der blauen Lösung zugefügt werden, und zwar nur in dem Maasse, dass nicht weniger als ein halbes und nicht mehr als ein ganzes Procent von NaCl in der Flüssigkeit gelöst ist. Die Absicht, welche mit diesem vorsichtigen Zusatz von Kochsalz erreicht werden soll, besteht darin, dass der Niederschlag möglichst feinkörnig wird. Zu der gefällten blauen Farbe mischt man ein gleiches Volum Glycerin, um die gern an der Gefässwand haftenden und in Folge davon die Lichtung verstopfenden blauen Körnchen leichter beweglich zu machen. Mit dieser Masse erhält man allerdings keine sogen. Musterpräparate; denn nach der vollendeten Injection strotzen die Gefässe niemals, sondern sie sind nur auf ihrem Verlauf durch eine deutlich blaue Färbung gekennzeichnet, die in die Arterien etwas tiefer als in die Venen hervortritt. Diese unvollkommene Füllung halte ich jedoch gerade für einen Vortheil, weil durch die blaue Farbe hindurch die mikroskopische Structur der Wand in der Regel noch zu erkennen ist. Darum ist man immer in der Lage, mit Hilfe von Carminfärbung festzustellen, welcher Gattung von Gefässen das injicirte angehört. — Statt eines feinen Niederschlags des Berliner Blau's habe ich auch einen solchen von Carmin, mit wässerigem Glycerin versetzt, brauchbar gefunden.

Die Orte, an welchen man behufs der partiellen Injection die Canüle einzusetzen hat, ergeben sich, wie oben bemerkt, aus der

genauen Kenntniss des Ursprungs und Verlaufes der Zweige, welche überhaupt zur Paukenhöhle treten. Statt einer ausführlichen Beschreibung gebe ich in Tafel I? Fig. I eine Abbildung von der Arterienvertheilung in der Umgegend der Paukenhöhle, insbesondere soweit sie von der a. carotis ext. aus geschieht.

Ueber die Bedeutung der in die Figur eingeschriebenen Zahlen und Buchstaben giebt die nachstehende tabellarische Zusammenstellung Aufschluss. Diese letztere ist nach den Bezirken der Pauke geordnet, in welche sich die bezeichneten Gefässe verbreiten. — An diese Tabelle schliesst sich eine andere an, welche die Arterien der Pauke mit dem ihnen zugehörigen Verbreitungsbezirk aufzählt.

Gefässe der Paukenhöhle nach der Oertlichkeit der letztern geordnet.

1. Meatus auditorius externus, und zwar
   äusserer Theil des knorpeligen Stücks,
   ram. art. auricularis posterior 6. a, b.
   » » auricularis inferior 7. c, d, e, f.
   Innerer Theil des knorpeligen und des knöchernen meatus externus,
   ram. art. auricularis posterior 6. k.
   » » auricul. profunda 12. o. p.
2. Trommelfell,
   ram. art. auricularis posterior 6. k.
   » » auricularis profunda 12. o. p.
3. Periost der Pauke.
   Aeussere Paukenwand hintere Hälfte,
   ram. art. auricularis posterior 6. l.
   Aeussere Paukenwand, vordere Hälfte, Zweig der maxillar. interna 11.
   Hintere Paukenwand,
   ram. art. auricularis posterior 6. l.
   Dach der Pauke.
   Zweig der maxillaris interna 11.
   Vordere Paukenwand.
   Besonderer Zweig aus der carotis externa 13.
   Bulla ossea.

Zweig aus der carotis externa 13.
Zweig aus der art. auricul. poster. 5.
Innere Paukenwand.
Oberer Theil der innern Wand,
Aestchen aus arter. maxillaris interna 11.
Mittler und unterer Theil (promontorium).
Zweige aus der carotis interna.

4. Membrana tympani secundaria,
Zweige aus der art. carotis interna.
5. Musculi tensor tympani und stapedius,
Zweig aus der art. maxillar. interna 11.
6. Paukenende der tuba Eustachii (ostium tympanicum tubae).
Ast maxillar. interna (11).

Gefässe der Paukenhöhle nach dem Ursprung aus den Arterien geordnet:

a. auricularis posterior 6.
Knorpeliger und knöcherner Gehörgang. Trommelfell. Periost der Pauke an der hintern Hälfte der äussern Wand und an der hintern Wand. — Bulla ossea an der äussern und untern Wand.
a. auricularis inferior 7.
Aeusserer Theil des knorpeligen Gehörgangs.
a. auricularis profunda 12.
Innerer Theil des knorpeligen und knöchernen Gehörgangs. Trommelfell.
art. maxillaris interna 11.
Periost der vordern Hälfte der äussern Wand, Dach, oberer Theil der innern Wand. Mm. tensor tympani und stapedius. Tuba Eustachii.

Besondere Zweige der a. carotis externa (pharyngea ascendens?) 13.
Bulla ossea an der vorderen und inneren Wand der Pauke.
a. Carotis interna. Promontorium — Fenestra rotunda.

Zur Anfüllung der Gefässe am Promontorium und seiner Umgegend eignet sich auch und zwar vorzugsweise der sin. cavernosus nach vorgängiger Unterbindung der art. carotis

interna diess- und jenseits des Schläfenbeins und gleichzeitiger Verstopfung des durchschnittenen sinus durch eine Gypspaste.

Um mit Bequemlichkeit zu den gewünschten Arterien-Aestchen gelangen zu können, trennt man den Schädel von der Wirbelsäule und halbirt ihn. Darauf sucht man sich nach Anleitung eines gut angefertigten gröbern Injectionspräparates den Arterienstamm auf, aus welchem der Ast hervorgeht, dessen Anfüllung man zu bewirken wünscht, setzt die Canüle so nahe als möglich an den Paukenzweig und unterbindet sorgfältig alle übrigen Aeste, welche aus der canülentragenden Arterie hervorgehen.

Wie vorsichtig man nun auch mit der Unterbindung der Gefässe vorgehen mag, so gelingt sie doch in der Regel nicht vollständig. Um hieraus keinen Nachtheil erwachsen zu lassen, muss die Injection unter einem niedrigen Druck, d. h. mit 10—20 Mm. Quecksilberhöhe begonnen und dann beachtet werden, ob Blutungen eintreten oder ob sich ausser der gewünschten Arterie auch noch andere mit Masse füllen.

Ist dieses der Fall, so sind jetzt noch leicht die nothwendigen Unterbindungen auszuführen. Wird darauf, sowie dieses letztere geschehen, der Injectionsdruck erhöht, so fliesst gewöhnlich die Masse aus den Venen sehr rasch aus, ohne dass sich der ganze Bezirk, welcher von der Arterie gespeist wird, vollkommen erfüllt hätte. Will man das letztere herbeiführen, so müssen die abführenden Venen unterbunden oder zugeklemmt werden.

Die hier beschriebenen Vorbereitungen sind zwar zeitraubend, aber dafür gewähren sie auch die genaueste Auskunft über die Gefässverbreitung in den einzelnen Abschnitten der Trommelhöhle. Nach einer sorgfältigen Vorbereitung gelingt es bei eröffneter Trommelhöhle den Fortschritt der Masse verfolgen zu können. Dieses gilt namentlich für die Gefässe des Promontoriums, welches man leicht durch Wegnahme der bulla ossea freilegen kann.

Durch das bis dahin beschriebene partiale Injectionsverfahren ist es mir jedoch niemals gelungen, eine vollständige Injection des Trommelfells herbeizuführen. Einen bessern, wenn auch nicht vollständig sichern Erfolg erzielte ich auf die folgende Weise: Der Hals des Hundes wurde unterhalb der ersten Rippe abgeschnitten, die aus dem Intervertebralcanal

kommenden Stämme beiderseits unterbunden, ein gut schliessender Kork in den Wirbelcanal möglichst fest eingetrieben und darauf eine Schlinge von starker Hanfschnur um den untersten Theil des noch mit der Haut bedeckten Halses gelegt. Diese Schlinge wird dann fest zugezogen und zwar am besten mit Hülfe einer starken Schraube. Ich benutzte hierzu, weil mir dieselbe gerade zu Gebote stand, den Zug einer Hobelbank. Unzweifelhaft wird sich aber auch jeder andere kräftigere Schlingenschnürer z. B. ein starkes Tourniquet hierzu gebrauchen lassen. Alsdann wurde durch ein gablig getheiltes Rohr die Injectionsmasse gleichzeitig in die beiden Carotiden geführt und zwar unter einem hohen Druck. In den sorgfältig vorbereiteten Kopf dringt sehr viel Masse ein, ohne dass aus den Venen etwas hervorfliesst, oder, wenn doch, so wenig, dass weitaus der grösste Theil des Zugeflossenen in dem Präparat zurückbleibt. Bei einer längern Fortsetzung der Injection treten oedematöse Anschwellungen verschiedener Weichtheile ein, weil die flüssigen Bestandtheile der Masse durch die Wandungen filtriren; der feinkörnige Farbstoff bleibt jedoch innerhalb der Gefässe zurück.

Unter den aufgezählten Bedingungen füllt sich jeder nicht schon vorher bluthaltige Gefässabschnitt des Kopfes höchst vollständig mit blauer Farbe an; diejenigen Bezirke dagegen, in welchen Blut eingefangen ist, können natürlich keine blaue Masse aufnehmen. Dieses letztere ist leider nicht selten in den Gefässen der Trommelhöhle der Fall, selbst wenn die Thiere durch Verblutung getödtet waren. Aus diesem Grunde bleibt es dem Zufall überlassen, ob die totale Injection innerhalb der uns interessirenden Theile zum gewünschten Ziele führt.

Bevor ich zur Beschreibung der Gefässpräparate übergehe, die ich auf die angegebene Weise erhalten habe, muss ich mich erst kurz über die Gewebe auslassen, innerhalb welcher die Gefässe gelegen sind.

1. Die weiche Bedeckung des Knochens ist am Promontorium und in der bulla ossea des Hundes am dünnsten. Ihre oberste Lage besteht aus einem Epithelium mit kleinen und sehr dünnen Schüppchen; diese hängen zwar auf ihrer Unterlage sehr fest, aber sie lassen sich doch durch Jodserum isoliren. Auf einem Schnitt, der senkrecht gegen die Fläche des Promontoriums gerichtet ist, erscheinen die Schüppchen als eine wohl-

abgegrenzte aber unmessbar feine Linie. — Vom Epithelium bis zum Knochen erstreckt sich ein fasriges netzförmig angeordnetes Bindegewebe, das sich aus zwei Lagen zusammensetzt, die sich öfter leicht von einander trennen lassen. Aus der dem Knochen näheren Lage gehen Fasern in die tunica adventitia der Knochengefässe über. Diese tiefere Bindegewebslage darf deshalb als ein Periost angesehen werden.

2. In der hintern Rinne, durch welche die äussere in die innere Trommelwand übergeht, also an der hintern Wand der Trommelhöhle und ferner auf der äussern Wand hinter und unter dem Trommelfell und von da ab noch bis in die Tuba ist das Epithelium aus Flimmerzellen hergestellt. Die Körper des Flimmerepithels beginnen von hintenher klein und niedrig; gegen die Tuba hin nehmen sie allmählich an Grösse zu, bis sie endlich den Flimmercylindern in der Tubenschleimhaut vollkommen ähnlich sind. Durch Jodserum kann man diese Flimmerzellen isoliren und alsdann ihre Cilien in lebhaftester Thätigkeit sehen. Auf einem Querschnitt gelingt es jedoch ebenfalls leicht sich von der Anwesenheit dieser Gebilde zu überzeugen, welche *Tröltsch* an den entsprechenden Stellen der menschlichen Pauke zuerst beobachtet hat. — In den Gegenden, welche ein Flimmerepithelium tragen, ist das Bindegewebe wohl doppelt so stark angelegt, als in denen, welche von den Epithel-Schüppchen bedeckt sind.

3. Das Trommelfell ist auf seiner von dem äussern Gehörgang her sichtbaren Fläche von einer Fortsetzung der Cutis überzogen, welche namentlich dem Hammergriff gegenüber stark ist. Dem entsprechend ist die ganze äussere Fläche des Trommelfells von Epidermis überkleidet. — Die tunica propria besteht auch beim Hund aus einer radiären und einer innern circulären Faserung. Nach Innen von dieser letztern trifft man auf ein plattenförmiges, nicht flimmerndes Epithelium. An dem Rand des Trommelfells schiebt sich zwischen das Epithelium und die circuläre Faserung der tunica propria ein schmaler Streifen von Bindegewebe ein, welcher als eine Fortsetzung der sogenannten Schleimhaut der Trommelhöhle anzusehen ist. — Ich will hier gleich bemerken, dass alle Blutgefässe des Trommelfells einerseits nur in der Fortsetzung der Cutis und andrerseits sich nur in der Fortsetzung der Trommelschleimhaut befinden.

Um sich in der nun folgenden Beschreibung der Blutgefässe

und ihrer Vertheilung zurecht zu finden, bitte ich sogleich die Figuren auf Tafel II anzusehen.

Von den in Figur II dargestellten Gefässen geben die rothgefärbten den Bezirk wieder (promontorium), welcher aus der art. carotis interna (*b*) versorgt wird, die blaugefärbten empfangen dagegen ihre Zuflüsse aus einem Aestchen der arteria maxillaris interna. Da die Zeichnung unter der Lupe angefertigt wurde, so ist es nicht möglich, aus einer Zergliederung der Structur zu entscheiden, was Vene und was Arterie sei. Die grössern Stämmchen der beiden Reviere sind jedoch, wie die nachträgliche Untersuchung zeigte, Venen. — Der allgemeine Charakter, nach welchem die Zusammenfassung der kleinern in grössere Venen geschieht, ist in dem rothen Bezirk augenfällig ein anderer als in dem blauen; in dem letztern tritt die gablige Verästelung mehr in den Vordergrund, so dass aus dem allmählichen Zusammentritt kleinerer Zweige ein grösseres abführendes (*a*) entsteht. Auf dem Promontorium bildet sich dagegen ein reichliches Netz, das aus feinern und stärkern Aestchen besteht, so dass das Blut, welches in einem der feinen Zweige strömt, auf mehreren gleichlangen Wegen in eine grössere Vene übergehen kann. Die grössern Venen sind reichlich vorhanden und so beschaffen, dass keine von ihnen als die angesehen werden kann, welche aus dem Zusammenfluss aller übrigen entstanden ist. Dieses Verhalten lässt darauf schliessen, dass der Abfluss zugleich an mehreren Orten stattfinde, eine Annahme, welche durch die genauere Untersuchung bestätigt wird. An vielen Orten stehen die Venen in unmittelbarem Zusammenhang mit denjenigen des Knochens, an einigen gehen unmittelbar Zweige in den sinus cavernosus über, und endlich geht ein starker Zweig durch die Fenestra rotunda, von dem ich, obwohl ich ihn nicht weiter verfolgt, doch wohl behaupten darf, dass er mit den Labyrinthvenen in Verbindung trete. Wenn man den hier rothgefärbten Venenbezirk vom sinus cavernosus aus anfüllt, während man das Promontorium der Beobachtung zugänglich gemacht hat, so sieht man von einigen wenigen Stellen aus die in der Nähe von *c* gelegen sind das Netz allmählich sich anfüllen, bis zu den Verbindungen hin, die es mit dem blaugefärbten Bezirk eingeht.

Fig. III giebt einen kleinen Theil der Gefässverzweigung auf dem Promontorium wieder, wie er sich bei einer 300fachen Ver-

grösserung ausnimmt. Die rothgefärbten Bahnen stellen Arterienzweige dar, der Nachweis der arteriellen Natur ist hier aus der Structur mit Sicherheit geführt worden. Die blaugefärbten Bahnen sind ihrer Structur nach venöse. Die violetten solche, an welchen die arterielle Structur im Verschwinden begriffen war.

Was an der Vertheilung zuerst in die Augen fällt, sind die langen schmächtigen Arterien, welche bei ihrer Vertheilung in Aeste zerfallen, deren Caliber im Verhältniss zu dem des Stammes ein grosses genannt werden muss. Die letzten Arterienäste laufen öfter weithin, ohne sich zu verzweigen; geschieht dieses, so gehen die entstandenen Zweige sehr rasch in Venen über, so dass von einer Capillarbildung kaum die Rede ist. Sehr häufig stösst sogar unmittelbar ein Gefäss mit arterieller Structur an ein solches mit venöser. — Im vollen Gegensatz zu der arteriellen Verzweigung steht nun die Zusammenfassung der Venen. Die kleinern Gefässe dieser letztern Art treten vielfach in netzförmiger Verbindung zu einander. Aus den Maschen dieser letztern gehen zahlreiche Aestchen in ein zweites Netzwerk über, das aus grössern Venenstämmchen zusammengesetzt ist; dieses letztere Netz verhält sich im Allgemeinen gerade so wie das zuerst beschriebene.

Ueber die Lagerung der Gefässe innerhalb der verschiedenen Schleimhautschichten ist noch zu bemerken, dass die den Capillaren entsprechenden Gefässe zunächst am Epithelium gelegen sind.

Wenn ich nicht irre, so ist das bis dahin geschilderte Verhalten der Gefässe auf dem Promontorium keineswegs diesen letztern allein eigenthümlich, sondern es tragen denselben Charakter die Gefässe des Periostiums überhaupt. An der innern Wand der Hirnschale findet sich, wenigstens wie ich gesehen, ganz dieselbe Anordnung der Gefässe wie am Promontorium.

Um sich eine Vorstellung über den Verlauf des Blutstroms in einem System zu verschaffen, das so eigenartig gebaut ist, wie das unsere, kann man sich der künstlichen Injection bedienen. Da die Gefässe des Promontoriums aus der art. carotis interna hervorgehen, während diese durch den canalis caroticus läuft, so kann man leicht die Zweige des Promontoriums aus der a. carotis interna her und zwar ganz isolirt füllen, und zugleich den Fortschritt des Stroms auf dem freigelegten Pro-

montorium beobachten. Indem man dieses thut, bemerkt man, dass die Masse, welche in ein Arterienästchen gedrungen, sogleich in die Venen übergeht; darum ist es ganz unmöglich, zuerst sämmtliche arterielle und von hier aus erst nachträglich die venösen Gefässe anzufüllen. Demnach sollte man erwarten, dass eine Füllung sämmtlicher arterieller Bahnen, vorausgesetzt dass der Abfluss aus den Venen nicht gehemmt ist, nur dann möglich sei, wenn gleichzeitig viele kleine Arterien aus der art. carotis entspringen würden, so dass auf dem Ursprungsquerschnitt eines jeden von ihnen der volle Blutdruck des Hauptstammes wirksam wäre. Die thatsächlichen Verhältnisse entsprechen jedoch keineswegs dieser Forderung. Allerdings gehen häufig mehrere selbstständige Zweige aus der art. carotis interna zu dem Promontorium über, aber immer läuft mindestens einer derselben über das Promontorium bis zum runden Fenster. Ausserdem sah ich auch wiederholt ein einziges stärkeres Stämmchen in die Trommelhöhle treten und sich erst dort verzweigen. Will man also nicht annehmen, dass das Blut, welches in den stärkern Stämmchen anlangte, immer auf dem kürzesten Wege in die Vene übergehe, so dass die entferntern Bahnen nur bei venösen Stauungen angefüllt werden, so bleibt nichts anderes übrig, als an einen eigenthümlichen Wechsel in dem Contractionsgrad der einzelnen Arterienzweige zu denken.

Wie dem aber auch sein mag, jedenfalls lernen wir hiermit ein Gefässsystem kennen, in welchem ein Strom mit geringem Druck und grosser Geschwindigkeit geschehen muss; der also in keinem Fall den Eintritt von Exsudationen unterstützen kann.

Bis dahin bin ich noch nicht im Stande, eine ähnliche Zergliederung für den Gefässverlauf in der Abtheilung der Pauke zu geben, welche von der art. maxillaris interna versorgt wird. Es lässt sich voraussehen, dass dieses mit Muskeln versehene Stück einen durchaus andern Gefässbau trägt, und es dürfte nicht bedeutungslos sein, dass die Muskeln, welche in der Paukenhöhle vorkommen, in Knochenkapseln eingeschlossen sind.

Der Verlauf der Gefässe auf dem Trommelfell ist in Fig. IV und V dargestellt. Zum Verständniss der wichtigen Figur IV ist zu bemerken, dass sie einen Ausschnitt des Trommelfells

vom Hammergriff *hh* an und zwar einschliesslich desselben bis zu einem gegenüberliegenden Trommelfellrand *rr* giebt. Da dieser Ausschnitt wegen der hohen Vergrösserung, bei welcher er gezeichnet ist, einen zu grossen Raum einnehmen würde, so ist zwischen *h* und *r* bei *mm* ein breiter Streifen des Trommelfells in der Zeichnung ausgelassen. Die Ansicht giebt das Trommelfell von der dem Gehörgang zugewendeten Fläche.

Figur V stellt das Trommelfell von der innern oder Paukenfläche gesehen dar. Die blaugefärbten Gefässe geben nach einer Lupenvergrösserung die allgemeine Anordnung der Gefässverzweigung wieder, die sich vom Umfang des Handgriffs gegen den äussern Rand des Trommelfells hin erstreckt. — Die rothgefärbten Partien stellen nach einer höhern Vergrösserung das Verhalten der Gefässe dar, welche mit der Schleimhaut der Trommelhöhle über den äussern Rand des Trommelfells hinübergreifen.

Zum Trommelfell des Hundes verlaufen die arteriellen Aeste in ähnlicher Weise, wie es nach *Gerlach* am Trommelfell des Menschen geschieht: sie dringen nämlich von der obern und hintern Wand des Gehörgangs auf den Hammergriff. Hier angelangt, Fig. IV *aa*, schicken sie in der Richtung der radiären Faserung des Trommelfells Aestchen ab, Fig. IV *b*. Diese Aestchen entlassen verschiedene Zweige, die kürzesten derselben *c* bilden Anastomosen mit den benachbarten Arterienästen; die zweite Gattung geht durch kurze netzförmig angeordnete Schlingen *dd* in einen Venenplexus *vv* über, welcher den Umfang des Handgriffs umkränzt: die dritte Gattung endlich läuft geradlinig über das ganze Trommelfell hinweg bis zum äussern Rande desselben. Diese letztern Aestchen schicken theils Zweige in die beiden Venen, welche je ein arterielles Aestchen auf ihrem Verlauf über das Trommelfell begleiten, theils aber münden sie in den Venenkranz *kk* aus, welcher am äussern Umfang des Trommelfells und zwar auf der Cutisfläche desselben gelegen ist. Die Darstellung, welche in Figur IV von dem Verlauf der (rothgefärbten) Arterien gegeben wurde, ist durchweg Portrait, also keineswegs, wie man auf den ersten Blick glauben könnte, schematisch. Der Structur ihrer Wand nach verdienen die rothgefärbten oder, wie ich sie bisher nannte, die arteriellen Gefässe allerdings nicht überall diesen Namen; denn in ihrer Wand verlaufen in der That nur so lange Muskelfasern, als sie sich auf

dem Hammergriff hin erstrecken. Sowie sie auf das Trommelfell dringen, zeigen sie den Bau von Capillaren, so dass sie nur ihrem Zusammenhang nach als Fortsetzung der Arterie anzusprechen sind.

Die Venen des Trommelfells (die blauen Gefässe in Fig. IV) zeigen eine starke Entwickelung. Die grössern Stämmchen derselben entleeren sich nach zwei Richtungen. Die auf dem Hammergriff neben der Arterie *aa* gelegenen und diejenigen, welche den Plexus rings um den Hammergriff bilden, gehen schliesslich in ein Venennetz über, das die Wand des äussern Gehörgangs auskleidet. — Nach derselben Seite hin entleeren sich auch zum grössten Theil die Venenstämmchen, welche auf der dem äussern Gehörgang zugewendeten Fläche des Trommelfells den Plexus am äussern Rande des letztern bilden. Dieser Plexus steht jedoch auch noch in Verbindung mit den Venennetzen, die in die Schleimhaut der Pauke eingebettet sind, so dass das peripherische Geflecht nach zwei Seiten hin Abflüsse besitzt.

Der gegebenen Beschreibung gemäss kann das durch die Trommelfellarterien herandringende Blut auf mehrfachen Wegen in die Venen übergehen. Auf einem kürzern unmittelbar am Rand des Hammergriffs; auf einem längern über das Trommelfell hinaus, und hier zwar so, dass es entweder durch die gestreckten Capillaren zum Venenplexus am Handgriff des Hammers zurückkehrt, oder dass es in den Venenplexus am äussern Rand des Trommelfells einmündet. Welchen der Wege das Blut während des Lebens einschlägt, wird offenbar von der Beschaffenheit der Widerstände abhängen, welche sich in den verschiedenen Bahnstrecken, beziehungsweise in den Venen einfinden. Mit Bestimmtheit wird man jedoch sagen können, dass das arterielle Blut jedesmal dann auf dem kürzesten Wege durch die Plexus um den Hammergriff zurückkehrt, wenn keine besondern Widerstände in den Venen bestehen, in welche sich die Gefässe jener Plexus entleeren. Bedürfte es hierfür noch eines besondern Beweises, so würde derselbe durch die Ergebnisse der Injection erbracht sein. Sehr selten gelingt es, das Trommelfell vollständig auszuspritzen; nur wenn der Abfluss aus dem Kopfe im bedeutenden Grade gehemmt wurde, konnte ich das Trommelfell, wenn auch nicht ganz, so doch wenigstens seinem grössten Theile nach injiciren. Es wird

eine in der Zukunft zu lösende Frage sein, ob die Füllung der Blutgefässe des Trommelfells einen Einfluss auf die schallleitenden Eigenschaften desselben ausübt; sollte dieses der Fall sein, so würde es sich der Mühe lohnen, den Bedingungen weiter nachzuspüren, unter welchen sich die gestreckten Maschen des Trommelfells mit Blut füllen.

Eine besondere Erwähnung verdienen endlich noch die Gefässe, welche in dem Streifen der Schleimhaut verlaufen, der sich von der Pauke aus auf die innere Fläche des Trommelfells hinüberzieht. In dieses Stück setzen sich die Capillaren aus den benachbarten Schleimhautpartien fort, so dass dem peripheren (cuticularen) Venenplexus der äussern Trommelfellfläche gegenüber ein kleinerer capillarer auf der Paukenfläche des Trommelfells gelegener gegenübersteht. Die rothe Abtheilung auf Fig. V stellt einen kleinen vergrössert gezeichneten Abschnitt dieses Gefässwerkes dar.

Da, wie früher erwähnt, die Venen des äusseren peripheren Plexus durch einzelne Aeste in Verbindung stehen mit den Venen der Pauke, so wird allerdings auch eine Verbindung der cuticularen Trommelfellgefässe mit denen des Schleimhautringes bestehen. Beträchtlich kann jedoch diese Verbindung nicht sein, da es nur von der Pauke, niemals aber vom Trommelfell aus gelingt, die Gefässe in dem Schleimhautring des Trommelfells zu injiciren.

Während des Verlaufs meiner anatomischen Untersuchungen machte mich Herr Professor *Ludwig* darauf aufmerksam, dass es vermöge des eigenthümlichen Baues der pars mastoidea beim Hunde gelingen müsse, einen Einblick in die Pauke des lebenden Hundes zu gewinnen. Diesen Vorschlag habe ich ausgeführt und es ist mir gelungen, die Trommelhöhle durch Wegnahme der bulla ossea, was ohne merkliche und jedenfalls ohne störende Blutung geschehen kann, so weit frei zu legen, dass man unmittelbar das ganze Promontorium und den grössten Theil der obern vordern Paukenwand mit einer starken Lupenvergrösserung betrachten konnte.

Die Hunde, welche ich zum Versuch benutzte, wurden mit Curare vergiftet, auf dem Operationstische waren sie in der Rückenlage mit ausgestrecktem Kopfe befestigt. Um zur bulla

ossea zu gelangen, durchschnitt ich mitten zwischen dem Kehlkopf und dem Winkel des Unterkiefers die Haut und suchte in der Wunde den hintern Ansatzpunkt des musc. digastricus auf. Nach unten und innen von diesem liegen die grossen Venen- und Arterienäste, welche man mit einem Haken nach innen ziehen muss. Unterhalb dieser Gefässe findet sich noch eine beträchtliche Schicht lockern Bindegewebes, welche das Periost der bulla ossea bedeckt. Ist auch diese entfernt und darauf die Blutung vollkommen gestillt worden, so schabt man das Periost von der äussern Knochenfläche ab, mit möglichster Schonung des kleinen hier gelegenen und oben erwähnten Arterienzweiges. Ist dieses geschehen, so wird mittelst eines sehr kleinen Trepans, der in der Mitte der Bulla aufgesetzt ist, ein rundes Knochenstück herausgeschnitten, das sich ohne Verletzung der locker anhaftenden Schleimhaut entfernen lässt. Mit Hilfe einer kleinen Zange kann dann der Knochen noch so weit entfernt werden, dass bei einem grössern Hund eine Oeffnung von der Grösse eines Silbergroschens entsteht. Darauf schneidet man auch die Schleimhaut ein und klappt ihre Lappen über den Knochenrand. Die Oeffnung in der Trommelhöhle bedeckt man nun mit einem reinen weichen Schwämmchen und stellt sich den Beleuchtungsapparat zurecht.

Ich bediente mich hiezu einer Gaslampe mit Argandbrenner, hinter der ein grosser Reflector aufgestellt war; dieser letztere warf das Licht auf einen kleinen mit centraler Oeffnung versehenen Reflector, welcher unmittelbar über der Wunde stand, und zwar so, dass man, ohne dem Lichteintritt in die Trommelhöhle zu schaden, eine Lupe von *Brücke* oder die grosse Beleuchtungslinie des *Hartnack*'schen Mikroskopes auf die Schleimhaut der Trommelhöhle einstellen konnte. Setzt man in die Trommelhöhle ein erwärmtes Metallspiegelchen, so gelingt es auch, die innere Fläche des Trommelfells zur Anschauung zu bringen.

Da man an der geöffneten und gutbeleuchteten Trommelhöhle die Gefässe deutlich sehen kann, welche aus der carotis interna auf das Promontorium treten, und ebenso diejenigen, welche zum Bezirk des Paukenastes der maxillaris interna gehören, so versuchte ich zunächst die Abhängigkeit dieser Gefässe vom Grenzstrang des n. sympathicus nachzuweisen.

Der Versuch, durch den dieses geschieht, ist ein sehr deli-

cater. Die Arterien, welche hier verlaufen, sind zu klein, um trotz der Lupenvergrösserung mit Sicherheit erkennbar zu sein, man bleibt deshalb vorzugsweise auf die Betrachtung der Venen angewiesen.

Die Venen sind nun aber am lebenden mit Curare vergifteten Thiere keineswegs so strotzend gefüllt, wie sie in Figur II nach einem Injectionspräparat abgebildet sind. Statt der vielen, die dort zu sehen, gewahrt man in der Regel nur einige wenige Stämmchen. Dieses deutet darauf hin, dass der Blutstrom durch die Arterien unter den genannten Umständen schon an und für sich ein mässiger ist. Wenn also auch noch durch Reizung des n. sympathicus eine stärkere Verengerung der Arterie eintritt, so kann diese von keinem grossen Effect auf den Venendurchmesser sein. Will man da zu einer sichern Beobachtung gelangen, so muss man mit aller Ruhe längere Zeit eine ganz beschränkte Stelle unter der Lupe halten und ihre Veränderungen beobachten, welche vor, während und nach der Reizung eintreten. Mit diesen Vorsichtsmassregeln sind die nachstehenden Beobachtungen ausgeführt, aus denen, wie ich glaube, zu schliessen ist, dass der n. sympathicus beziehungsweise der am Hals verlaufende Grenzstrang die Verenger der Arterien auf dem Promontorium beherrscht.

1. Versuch. Mittelgrosser Hund. Nach Eröffnung der Trommelhöhle und darauf folgender Durchschneidung des gleichseitigen Nervenstamms, in welchem Vagus und Sympathicus verlaufen, sind die Gefässe deutlich zu sehen, welche aus art. carotis interna und art. maxillaris interna hervorgehen. Die Beobachtung derselben geschah theils ohne und theils mit Lupe. Die Reizung des mit dem Kopf zusammenhängenden Nervenstumpfs wurde mit dazwischen gesetzten Pausen viermal unternommen; die Dauer je einer Reizung betrug von einer bis zu drei Minuten. Einige Zeit nach dem Beginn der Reizung wurden die Gefässe merklich schmäler und bei der zweiten Reizung waren sie nahezu verschwunden. Einige Zeit nach beendeter Reizung erschienen die Gefässe jedesmal stärker gefüllt, so dass der Unterschied der Gefässfüllung während und nach der Reizung deutlicher war, als vor und während der Reizung.

2. Versuch. Mittelgrosser Hund. Der n. sympathicus wird aus der Scheide des Vagusstammes herauspräparirt und

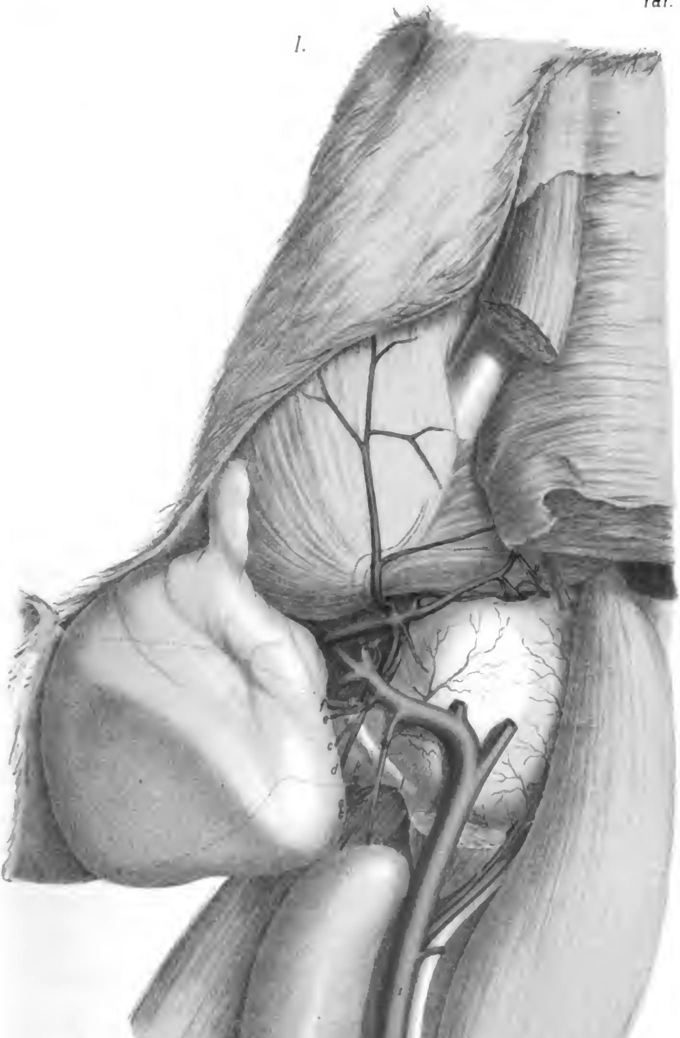
isolirt durchschnitten. Zum Beweis, dass das durchschnittene Nervenbündel der Grenzstrang des Sympathicus ist, dient die starke Verengung der Pupille, welche nach der Durchschneidung eintritt. Die Gefässe der Trommelhöhle sind sehr deutlich mit und ohne Lupe zu sehen. Die Reizung wurde unter ähnlichen Bedingungen wie im ersten Versuch viermal wiederholt. Mit dem Beginn der Reizung erweitern sich die Gefässe vorübergehend, dann werden sie blässer und verharren in diesem Zustand, solange die Reizung andauert. Nach Beendigung des Reizes werden die Gefässe vorzugsweise deutlich. Die Erweiterung, welche im Beginn der Reizung bemerkbar wurde, lässt sich vielleicht dadurch erklären, dass die plötzlich contrahirten Arterien ihr Blut in die Venen entleerten, so dass diese durch den plötzlichen Zuwachs an Blut ausgedehnt wurden. Ist diese Annahme haltbar, so ist es auch erklärlich, dass die von uns beobachteten Gefässe im Beginn der Reizung weiter wurden, da, wie schon früher bemerkt, bei schwachen Lupenvergrösserungen, wie wir sie anwendeten, nur die Venen der Trommelhöhle deutlich unterscheidbar sind.

3., 4. und 5. Versuch. Alle Vorbereitungen waren wie beim zweiten Versuch getroffen. Die Reizung geschah ebenfalls in der früher angegebenen Weise. Die Erscheinungen während des 5ten Versuches verhielten sich genau so, wie im zweiten. Im 3. und 4. Versuch trat abweichend von den frühern Beobachtungen nach beendeter Reizung nicht alsbald die Gefässerweiterung ein, sondern sie wurden zunächst noch enger und dann erst einige Zeit nach dem Aufheben der Reizung wieder voll und roth.

Die Erscheinungen, welche während der Reizung eintreten, sprechen dafür, dass die Muskelringe der Paukenarterien von dem n. sympathicus beherrscht werden. Je mehr ich mich durch eine sorgfältige Beobachtung von der Richtigkeit dieser Annahme überzeugt hielt, um so auffallender war es mir, dass die freigelegten Gefässorte nach der Durchschneidung des n. sympathicus keine so auffallende Röthung darboten, wie man sie anderweit nach der Durchschneidung dieses Nerven zu sehen pflegt. Um über die Ursache dieser Erscheinung weiter Aufklärung zu erhalten, unternahm ich noch den folgenden

6. Versuch. An einem grossen Hund war der n. sympathicus am Halse durchschnitten. Am dritten Tag nach dieser

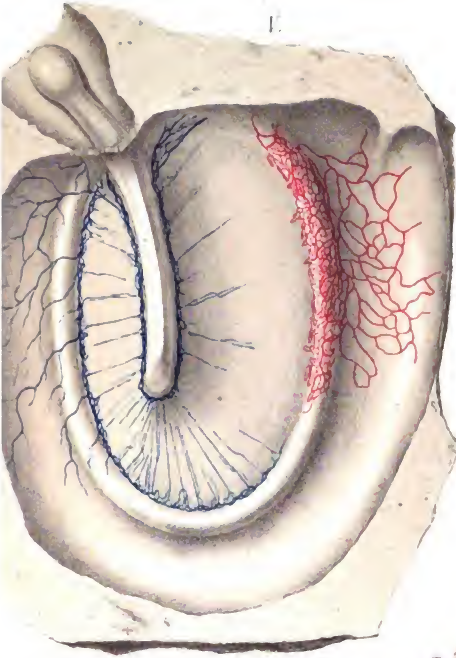
1.



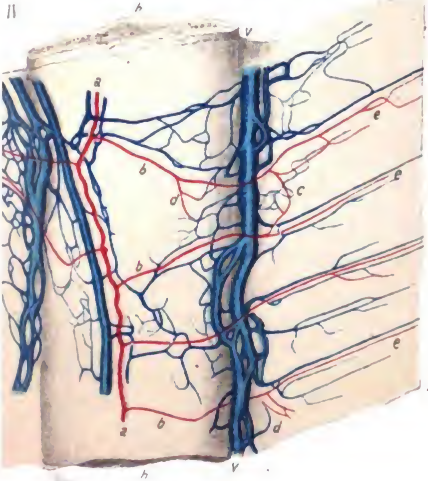
Berichte d. K. S. Ges. d. Wiss. math. phys. Cl. 1868.
Zur Abhandlung v. Prussak.

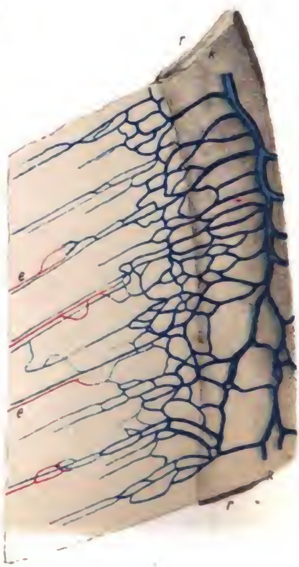
Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig

I.

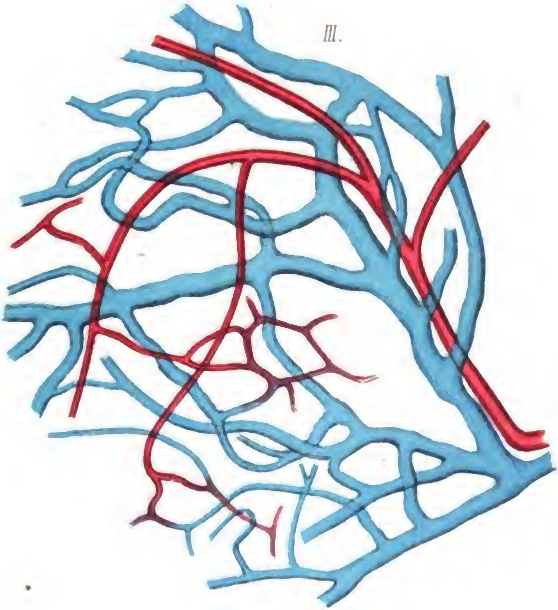


II

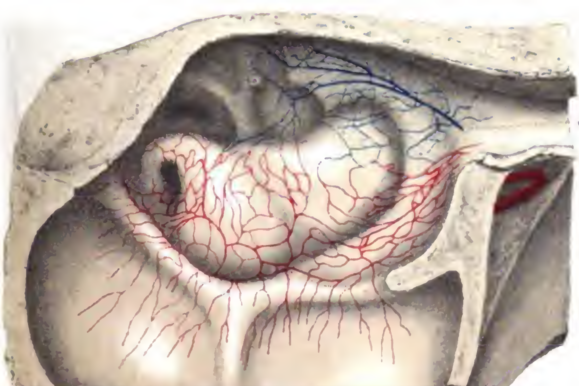




III.



II.



Berichte d K S Ges d Wiss math phys Cl 1868
Zur Abhandlung v Prussak

Operation ward erst die Bloslegung der Trommelhöhle vorgenommen; den grössern Zeitraum zwischen den beiden genannten Eingriffen hatte ich in der Hoffnung verstreichen lassen, dass sich während dess eine grössere Erweiterung der Gefässe in der Trommelhöhle ausbilden sollte. Nach der Bloslegung der letztern fand ich mich jedoch in meinen Erwartungen getäuscht: die Gefässflächen erschienen nicht merklich röther als sie es auch in den frühern Beobachtungen gewesen waren. Aus dieser Erfahrung, wie aus dem Vorhergehenden, dürfte also zu schliessen sein, dass die Durchschneidung des Sympathicus für die Arterie der Trommelhöhle nicht in ähnlicher Weise folgenreich ist, wie sie es für diejenigen der übrigen Kopfpartien zu sein pflegt. Unter der Voraussetzung, dass die Durchschneidung des n. sympathicus eine Lähmung in den uns beschäftigenden Arterien herbeiführt, war zu erwarten, dass eine sehr auffällige Röthung des Promontoriums eintreten müsse, wenn der arterielle Blutdruck beträchtlich erhöht würde. Zur Bestätigung dieser Folgerung benutzte ich noch den Hund, der zu dem vorliegenden Versuche gedient hatte. Der n. splanchnicus einer Seite ward aufgesucht und gereizt, während ich die Gefässe der Trommelhöhle beobachtete. In der That stellte sich während der Reizung des genannten Unterleibsnerven mehrmals eine auffallende Röthung des Promontoriums ein, doch blieb sie auch einige Mal aus. Dieser Versuch kann demnach nicht als ein abschliessender angesehen werden. Eine solche Bedeutung darf ihm um so weniger zugeschrieben werden, als die Reizung des n. splanchnicus nicht jedesmal in gewünschter Vollkommenheit gelang. Ueber diesen Umstand hat man sich bei der tiefen Lage dieses Nerven an einem so grossen Hunde nicht zu verwundern, da die Isolation des Nerven unter den genannten Umständen nur schwierig zu bewerkstelligen ist.

Ueber die Nerven des Peritoneum.

Von

E. Cyon.

(Mit einer Tafel.)

Bei meinen histologischen Studien im Gebiete des Nervensystems wurde ich von Herrn Prof. *Schweigger-Seidel* auf das Peritoneum verwiesen, da sich möglicherweise manche Frage über die Endigungsweise der Nerven hier besser zur Entscheidung bringen liess als an andern Orten. Als zur Untersuchung besonders geeignet empfahl sich derjenige Theil des Froschperitoneum, welcher die Scheidewand zwischen Bauchhöhle und Cysterna magna lymphatica bildet*), weil derselbe bei grosser Zartheit verhältnissmässig reich an Nervenfasern ist und keine Blutgefässe einschliesst, — Alles Umstände, welche die Gewinnung klarer Bilder versprachen. Da ferner in dieses Häutchen sternförmige Pigmentzellen verstreut eingelagert sind, und da in gewissen Fällen Flimmerzellen auf ihm vorkommen, so liess sich die Untersuchung gleichzeitig auf die etwaige Beziehung dieser Gebilde auf die Nervenenden ausdehnen. Ich habe daher hauptsächlich diesem Theile des Froschperitoneum meine Aufmerksamkeit zugewendet, habe aber selbstverständlich auch andere Stellen und andere Thiere (Kaninchen und Meerschweinchen) berücksichtigt.

Mit der Untersuchung der frischen Gewebe ist nicht viel zu gewinnen, da die besonders an ausgeschnittenen Häutchen scharf conturirten, geschlängelt verlaufenden Bindegewebsbündel das Verfolgen der feinen Nervenfasern unmöglich machen.

*) Vgl. über diese Scheidewand: *Schweigger-Seidel* u. *Dogiel*, Sitzungsb. d. math. phys. Cl. d. K. S. Ges. d. Wissensch. XVIII, 248; auch Arbeiten d. physiol. Instit. zu Leipzig für 1866 S. 68.

Es ist desshalb nothwendig, die faserige Grundsubstanz zum Quellen zu bringen, und würde in der That ein vierundzwanzigstündiges Einlegen in dünne Essigsäure (1 : 400) zur Gewinnung vollkommen brauchbarer Präparate genügen, wenn nicht die mehr oder weniger reichlich entwickelten elastischen Fasern störend wirkten. Allerdings kann man im einzelnen Falle fast immer eine feinste Nervenfaser schon durch ihr optisches Verhalten als solche erkennen, aber die zarten Gebilde werden doch zu leicht verdeckt, und es verdienen desshalb immer solche Präparate den Vorzug, in denen eine Färbung der nervösen Elemente erzielt worden ist.

Ueberosmiumsäure erwies sich ebenso wie das Chlorpalladium hier, wo wir uns im Gebiete der marklosen Nervenfasern befinden, von keinem besonderen Nutzen, während das Chlorgold seine guten Dienste nicht versagte. Allerdings erhielt ich mit den von *Cohnheim* angegebenen Mischungsverhältnissen, welche bei der Cornea so sicher zum Ziele führen, keine günstigen Resultate, weil sich das Bindegewebe meist eben so stark färbte wie die Nerven, wenigstens wie die marklosen feinen. Will man die Goldfärbung für letztere nutzbar machen, so ist es rathsam, etwa nach folgender Vorschrift zu verfahren. Essigsäure in der Verdünnung 1 (wasserfr. S.) : 200 wird mit Chlorgold versetzt, so dass dieses im Verhältniss von 1 : 1000 vorhanden ist. In diese Mischung werden die ausgeschnittenen Häutchen 15—20 Minuten eingelegt, nach dem Abspühlen 24 Stunden in der einfachen dünnen Essigsäure aufbewahrt und alsdann in Glycerin oder Farrant'sche Flüssigkeit eingebettet. Wie anderwärts so auch hier nicht immer constante Resultate.

Auch der Höllenstein kann bekanntlich zur Darstellung der feinen Nervenfasern verwendet werden. In gelungenen Präparaten ist die Bindegewebsgrundsubstanz farblos, dagegen sind die Nervenfasern bis in ihre feinsten Verzweigungen schwarz gefärbt; sie geben sehr scharfe Bilder. Zweckmässig ist es, beim Peritoneum das Epithel zu entfernen oder wenigstens dafür Sorge zu tragen, dass keine diffuse Trübung der Oberfläche entsteht.

Um alsdann über einzelne besondere Verhältnisse mehr ins Klare zu kommen, als dies an den Gold- und Silberpräparaten möglich, benutzte ich schliesslich noch eine Art der Carminfärbung, welche vom Prof. *Schweigger-Seidel* vielfach erprobt

ist und gleichfalls sehr brauchbare Resultate gewährt, wenngleich ausser den Nervenfasern und ihren Kernen auch noch die anderen Kerne des Epithels und des Bindegewebes gefärbt werden. Näheres über die Methode wird in einem Anhange zu dieser Arbeit mitgetheilt werden.

Wenn jetzt das Verhalten der Nerven in der Scheidewand zwischen Bauchhöhle und Cysterna lymph. des Frosches besprochen werden soll, so muss zunächst hervorgehoben werden, dass dies Verhalten nicht auf andere Oertlichkeiten, nicht auf das ganze Peritoneum weder beim Frosche noch beim Kaninchen übertragen werden darf, dass vielmehr die Frage offen zu lassen ist, ob die Besonderheiten nicht in bestimmter Beziehung zur Bedeutung dieses Abschnittes des Pertoneum steht. Am ähnlichsten sind die Verhältnisse denjenigen, welche die Nerven in der Substanz der Hornhaut darbieten, und da diese neuerdings mehrfache Bearbeitungen erfahren haben, so kann die Beschreibung hier in einzelnen Punkten kürzer gehalten werden.

Auf die Scheidewand treten Nerven über sowohl von der seitlichen Bauchwand als von der Niere her, letztere in Begleitung der Gefässe, welche sich in einer schmalen Zone ausbreiten. Gerade hier findet sich eine beträchtliche Entwicklung der gleich näher zu berücksichtigenden Nervennetze, welche auch noch desshalb zur Untersuchung besonders geeignet sind, weil die elastischen Fasern weniger reichlich vorhanden als in dem freien Theile der Membran, welcher die für sie charakteristischen Löcher besitzt.

Die eintretenden Nervenfasern sind doppelt conturirt, einzeln oder zu zwei bis drei vereinigt in eine besondere Scheide eingebettet. Die Nerven theilen sich mehrfach und gehen schliesslich in feine marklose Fasern über, bekannt als solche, die in ihrem scheinbar einfachen Verlaufe durch eingestreute, bauchig hervorragende Kerne unterbrochen werden. Aber auch breite kernhaltige Fasern finden sich, die eine fibrilläre Structur zeigen und sich als Bündel feiner Fasern zu erkennen geben. Es tritt dies besonders an Stellen hervor, wo das ganze Bündel wie auseinander gezogen erscheint; die einzelnen Fasern laufen nicht parallel neben einander, sondern kreuzen sich und winden sich umeinander herum; es verlässt auch wohl eine Faser das Bündel, um sich nach Bildung eines kurzen Bogens wieder mit

dem Stämmchen zu vereinigen, also ganz wie in der Cornea, nur dass die ganze Entwicklung der Nervenausbreitung hier keine so beträchtliche.

In Fig. II z. B. zerfällt der bei *a* anscheinend einfache Nerv in mehrere Fasern, welche zum Theil dadurch ausgezeichnet sind, dass sie auf Strecken spindelförmig anschwellen. Nach dem Verhalten gegen Chlorgold muss man eine locale Entwicklung von Nervenmark annehmen, und da diese Fasern auch Kerne besitzen, so kann gesagt werden, dass solche Fasern wie II *a*, welche den *Remark*'schen gleichen, als Bündel mehrerer selbständiger Fasern anzusehen sind.

Während die feineren Nervenstämmchen bekanntlich eine secundäre abstehende Scheide mit Kernen besitzen, ist dieselbe an den einzelnen Fasern nicht mehr zu erkennen. Dieselben liegen einfach im Bindegewebe, mitunter sehr deutlich in mehr abgegrenzten Bindegewebsbündeln (Fig. V), und wenn diese alsdann mit Essigsäure behandelt werden, so gewinnt es den Anschein, als ob sich von der einfachen Faser doch eine Scheide abgehoben habe (Fig. VI); jedoch zeigen die vorhandenen sogenannten umspinnenden Fasern deutlich, dass das Bild der Fig. VI auf das der Fig. V zurückzuführen ist.

Die einzelnen Fasern sind kernhaltig, und ihre Kerne müssen, da die Fasern selbst eine unmittelbare Fortsetzung der kernführenden markhaltigen, als Analoga der Kerne der *Schwann*'schen Scheide aufgefasst werden, obgleich es mir nicht gelungen ist, in den feinsten Kernfasern eine besondere Zusammensetzung, einen Unterschied zwischen peripherischer und centraler Schicht wahrzunehmen. Es lässt sich desshalb nicht sagen, ob der Kern in irgend einer Beziehung zur eigentlich nervösen Faser steht oder nicht. Zu beachten ist, dass anscheinend ganz einfache Fasern nicht immer einfach sind, sondern durch innige Aneinanderlagerung mehrerer gebildet werden; es zeigt sich wenigstens häufig, dass die spindelförmigen Anschwellungen zwei Kerne enthalten, und dass auch andere Spuren der Trennung vorhanden sind. Eine besondere Umhüllung lässt sich nicht wahrnehmen, die Fasern liegen aneinander geheftet in einer Gewebsspalte und können sich ungehindert wieder voneinander trennen, ebenso wie es im Vorhergehenden bereits von den stärkeren Bündeln angegeben wurde.

Die verschiedenen Fasern nun, welche aus der Theilung

der eintretenden Nerven hervorgegangen, hängen vielfach miteinander zusammen und bilden ein Geflecht von meist rhombischen weiteren und engeren Maschen. Hauptsächlich um eine Vorstellung von der Reichhaltigkeit der Nerven in dem besonderen Abschnitte des Froschperitoneum zu gewinnen, betrachte man Fig. I, welche nach einem Goldpräparate bei 200facher Vergrösserung genau gezeichnet ist. Nur bei *z* liegt eine Faserkreuzung vor, sonst gehen Fasern und Bündel überall unmittelbar in einander über, so jedoch, dass kein wirkliches Anastomosiren der feinsten Fasern, also keine eigentliche Netzbildung zu Stande kommt. Auch die besondere Form der Schlingenbildung, wie sie in Fig. IV *A* und *B* abgebildet worden, die in das Gebiet der feinsten Fasern gehören, dürften sich dadurch erklären lassen, dass eben die einzelnen Fasern sich wechselsweise an einander lagern und sich wieder trennen. Eine andere Form der Schlingenbildung zeigt sich Fig. I bei x. Denken wir uns hier die Aus- und Eintrittsstelle der Faser nahe an einander gerückt, den auf- und absteigenden Schenkel der gebogenen Schlinge eine Strecke weit mit einander vereinigt, so erhalten wir die Formen in Fig. IV. Dieselben sind übrigens selten.

Wo aber verbleiben schliesslich die einzelnen Fasern? Ich war anfänglich geneigt, die vorliegenden Nervengeflechte für terminal zu halten, da ich weder eine Verknüpfung der Nervenfasern mit zelligen Elementen, noch besondere Endorgane aufzufinden im Stande war. Indessen gewann ich nach Vervollkommnung meiner Präparate doch die Ueberzeugung, dass ein freies Auslaufen der Fasern im Gewebe anzunehmen ist, wenngleich es oft schwierig, vollkommene Sicherheit zu erlangen. Häufig genug scheint eine Faser plötzlich aufzuhören, aber fast eben so häufig sieht man sie bei einiger Aufmerksamkeit in gewisser Entfernung wieder auftauchen, sei es, dass eine plötzliche Biegung das weitere Verfolgen erschwert, sei es, dass sich die Faser momentan verbreitet, gleichsam aufbläht und dadurch an Schärfe der Contur verlierend zwischen den elastischen Fasern weniger leicht heraus zu finden ist, sei es, dass die Nervenfaser durch das angewendete Mittel stellenweise gar nicht oder nur sehr schwach gefärbt. Eine andere Möglichkeit ist schliesslich noch darin gegeben, dass eine so feine Faser bei der Präparation, bei der unvermeidlichen Dehnung des Häutchens auch einmal zerreissen kann.

Aber alle diese Bedenken und Möglichkeiten reichen nicht aus. Man sieht eben an gelungenen Präparaten mit besten Vergrösserungen, wie eine feinste Faser sich gewöhnlich bald nach einer Kernanschwellung theilt, man kann dieselben noch eine Strecke weit verfolgen, aber dann hört es auf. Mehr wahrzunehmen gestatteten mir meine Präparate nicht; die im Gewebe sonst noch sichtbaren Fasern und Fasernetze stehen zu den Nerven gewiss in keiner Beziehung; sie verhalten sich gegen Gold und andere Mittel indifferent und erweisen sich durch ihr ganzes Verhalten als elastischer Natur.

Die Anzahl solcher frei endenden Fasern ist nicht gross (in Fig. I mit *y* bezeichnet) und scheint in keinem Verhältniss zu der Zahl der einzelnen Fasern in den Plexus zu stehen. Indessen ist es doch überhaupt unmöglich, sich eine Vorstellung von der Anzahl der Fasern zu machen, da sicher in den verschiedensten Bündeln dieselbe Faser vorkommt und demnach gleichzeitig mehreremal gesehen wird. Es ist gerade charakteristisch für diese Art der Nervenausbreitung, dass eine einzelne Faser über eine sehr grosse Strecke verläuft und mit den verschiedensten Punkten des Gewebes in Berührung tritt, wesshalb ich auch glaube, dass die freie Endigung hier von geringerer physiologischer Bedeutung ist, und dass bezüglich der Function der Nerven die Plexusbildung eine wichtigere Rolle spielt. Ein analoges freies Endigen einzelner Nervenfasern in der Hornhautsubstanz nehmen *Kölliker* und *Engelmann* an.

Das, was bisher über die Endigung der Nerven an der bestimmten Stelle angegeben wurde, gilt auch für das Peritoneum im Allgemeinen, gilt auch im Besonderen für Kaninchen und Meerschweinchen. Nur die Vertheilung der Nervenfasern ist bei ihnen eine ganz andere. Von einem zusammengesetzteren Nervenstämmchen, welches in Begleitung der Gefässe verläuft, zweigt sich ein vielleicht nur aus zwei schmalen kernführenden Fasern bestehendes Bündel ab, um über oft grosse Strecken unverändert hinzuziehen. Dann tritt vielleicht eine Faser meist unter einem Winkel von 80—90° ab, lässt sich wieder, ohne Veränderungen zu zeigen, über mehrere Gesichtsfelder verfolgen und vereinigt sich dann wieder mit einer andern, oder sie theilt sich und verliert sich alsdann im Gewebe. Die Nervenausbreitung ist hier eine viel geringere, die Plexusbildung weitmaschiger, die ganze Vertheilung viel einfacher, so dass ein Vergleich

mit den früher geschilderten Verhältnissen kaum zulässig erscheinen möchte.

Es bleibt jetzt nur übrig, nochmals besonders hervorzuheben, dass irgend welche Beziehungen des Nerven zu den Pigmentzellen und den Flimmerzellen des Froschperitoneum nicht aufgefunden werden konnte. Bei der Reichhaltigkeit der Nervenfasern treffen dieselben häufig mit Pigmentzellen zusammen, ziehen aber an ihnen vorbei und verbinden sich, soweit es sich bei der Undurchsichtigkeit der Elemente überhaupt bestimmt angeben lässt, mit ihnen weder direct noch durch Zweige. Die unbeständigen Gruppen der Flimmerzellen veranlassen sicher keine Abweichung in der gewöhnlichen Vertheilung der Nerven, ihre An- oder Abwesenheit bedingt keine Verschiedenheit im Reichthum des Nervenplexus.

Die Art der Carminfärbung, deren im Vorhergehenden Erwähnung geschehen, ist dadurch ausgezeichnet, dass sich mit ihr verhältnissmässig schnell sehr vollkommene Kernimbibitionen erzielen lassen, und dass sie auch bei solchen Präparaten angewendet werden kann, die frisch oder nach vorhergegangener Erhärtung mit Säuren behandelt worden. Eine ammoniakalische Carminlösung ist bekanntlich für solche Fälle nicht sehr empfehlenswerth.

Löst man Carmin in ammoniakhaltigem Wasser, setzt dann Essigsäure hinzu, etwas mehr als zur Erzeugung eines Niederschlages erforderlich, und filtrirt, so läuft eine je nach der angewendeten Carminmenge verschieden roth gefärbte, klare Flüssigkeit ab, welche je nach Bedürfniss verdünnt zur Imbibition verwendet werden kann. Steht die Flüssigkeit länger und wird der Gehalt an Essigsäure schwächer, so beginnt das Carmin in äusserster Feinheit auszufallen.

Schon bei mässig starken Lösungen tritt die Färbung schnell und intensiv ein, ist jedoch diffus. Diesem Uebelstande kann man leicht abhelfen durch Einlegen der Präparate in Glycerin vermischt mit etwas Salzsäure. Nimmt man ein Mischungsverhältniss von etwa 1 Thl. Säure auf 200 Thle. Glycerin, so wird ziemlich bald das Carmin aus dem Bindegewebe, bei weiterer Wirkung auch aus dem Zellprotoplasma ausgezogen und bleibt nicht allein in den Kernen haften, sondern concentrirt sich sogar in

ihnen. Auf einer analogen Wirkung der concentrirten Essigsäure und der Oxalsäure beruhen bekanntlich die Methoden der Carminfärbung, welche von *Thiersch* angegeben wurden*).

Gefärbt wird bei diesem Verfahren alles, was eine grössere Dichtigkeit der Substanz besitzt und dabei quellungsfähig ist. Ist die Dichtigkeit geringer, wie bei manchen frischen Zellsubstanzen, oder wird sie wenigstens durch die Säure nicht vermehrt, wie es ja bei den Kernen durch Fällung der Inhaltsmassen der Fall ist, so kann das Carmin nicht haften, eben so wenig wie in der stark quellenden Bindegewebsgrundsubstanz. Dagegen färben sich wieder die Nervenfasern und die in der Säure etwas aufquellenden elastischen Fasern bei stärkerer Einwirkung sehr deutlich im Ganzen ihrer Substanz. Man wird sich leicht durch den Augenschein überzeugen, dass man auf die angegebene Weise höchst vollkommene Präparate erzielen kann. Netze kernreicher Capillaren, z. B. des Peritoneum, treten ohne Injection sehr schön hervor, und die arterielle Natur der Gefässe feinsten Calibers lässt sich an den Muskelkernen mit Sicherheit erkennen. Zu diesem Zwecke genügt es, Schnitte von mit rother Masse injicirten Präparaten einfach mit dem angesäuerten Glycerin zu behandeln, um das Carmin zu veranlassen, aus der Injectionsmasse in die Kerne der Gefässwand überzutreten.

Je nachdem man den Säurezusatz grösser oder geringer macht, kommt die beabsichtigte Wirkung früher oder später zu Stande; immer aber kann man das Präparat sofort nach dem Aufbringen des Glycerin mit dem Deckgläschen bedecken und dadurch einer durch die Säure hervorgerufenen Faltung vorbeugen. Für die Conservirung haben derartige Präparate den Nachtheil, dass die Farbe nicht beständig ist, sobald man nicht Sorge trägt, die Salzsäure wieder zu entfernen, weil sie bei längerer Einwirkung das Carmin zerstört. Auf der andern Seite darf man aber auch keine alkalische Zusatzflüssigkeit wählen, weil durch sie die hellrothe Farbe leicht in eine zu dunkel violette übergeführt wird. Will man conserviren, so wäscht man die Präparate nach erzielter Färbung in dünner Essigsäure ab und bringt sie dann in Glycerin oder Alkohol, Terpentinöl u. s. w.

---

*) *C. Thiersch:* Der Epithelialkrebs. Leipzig 1865.

Erklärung der Abbildungen.

I. Nerven der Scheidewand zwischen Bauchhöhle und Cysterna magna lymphatica. Goldpräparat. $^1/_{200}$.

II. Eine andere Stelle desselben Präparates. $^1/_{500}$.

III. Einzelne Nervenfaser ebendaher mit zwei Kernen in der spindelförmigen Anschwellung. Essigsäure. $^1/_{500}$.

IV. Schlingen feinster Nervenfaser von derselben Stelle. *A* Goldpräparat, *B* Carminpräparat. Räumlich verkürzt gezeichnet.

V. Feine kernführende Nervenfaser aus dem Netz des Kaninchens. Silberpräparat. $^1/_{500}$.

VI. Aus dem Mesenterium des Meerschweinchens. Essigsäure. $^1/_{500}$.

Neue Versuche über Gallenabsonderung.

Von

Dr. Schmulewitsch.

1. Um zu prüfen, welchen Antheil an der Gallenbildung das Blut der Pfortader oder das der Leberarterie nimmt, kann man, statt wie bisher die ganze Leber, nur einzelne Lappen derselben dem Versuche unterwerfen. Diese Beschränkung beeinträchtigt die Sicherheit der Beobachtung nicht, weil beim Hund und Kaninchen die einzelnen Lappen bezüglich ihrer Gallengänge ganz getrennt sind und bezüglich ihrer Blutgefässe nur durch die vena hepatica zusammenhängen. Kleine Anastomosen, welche in den zuführenden Blutgefässen bestehen, kommen als Unterhaltungsmittel der Gallenabsonderung nicht in Betracht. Die Beobachtung der Gallenbildung an einem oder mehreren Lappen gewährt den Vortheil, dass man das Blut der Vene oder Arterie nach Belieben absperren kann, ohne das Leben des Thieres zu gefährden. Da zudem die Galle an curarisirten Thieren reichlich abgesondert wird, so gibt das vorliegende Verfahren alle Mittel in die Hand, um den Einfluss aller Stromvariationen auf die Gallenabsonderung zu prüfen. — Ueber eine grössere Zahl von angestellten Versuchen werde ich später berichten.

2. Leitet man durch die Leber eines soeben getödteten Kaninchens defibrinirtes Hundeblut, das mit einer einprocentigen Kochsalzlösung verdünnt ist, so kann man unter Anwendung gewisser Vorsichtsmassregeln die Gallenbildung unterhalten. Der Abfluss der Galle dauert, wenn auch schwächer als am lebenden Thiere, doch mit voller Deutlichkeit zwei und mehr Stunden nach dem Tode des Kaninchens fort, oder besser so lange, als der Strom des Blutes andauert.

Die Beobachtungen, die ich in dieser vorläufigen Mittheilung erwähne, unternahm ich auf Veranlassung von Hrn. Prof. *Ludwig*. Ich werde sie, wenn es mir die Verhältnisse gestatten, künftigen Winter fortsetzen.

Ueber die Aenderung des respiratorischen Gasaustausches durch die Zufügung verbrennlicher Molecüle zum kreisenden Blute.

Von

Dr. Scheremetjewski.

Die verschiedenen Ansichten, welche über die Ursachen der energischen Oxydationen aufgestellt sind, denen man im thierischen Körper begegnet, lassen sich unter zwei Gruppen zusammenfassen. Nach der ersten derselben entstehen innerhalb der Gewebe oder der Gefässe aus den schwerer oxydirbaren Molecülen und insbesondere durch Zerlegung derselben, Verbindungen, welche sich durch den im Blute anwesenden Sauerstoff leicht oxydiren lassen. Den Beweis dafür, dass diese Annahme begründet sei, hat neuerdings *Al. Schmidt* und zwar dadurch geliefert, dass er in sauerstofffreiem Erstickungsblute die Anwesenheit von Stoffen nachwies, welche durch einen Zusatz von Sauerstoff in Kohlensäure und Wasser umgewandelt werden können. — Die zweite Ursache, welche man zur Erklärung der energischen Oxydationskräfte herbeizog, legte man in die Befähigung irgend eines lebendigen Bestandtheils dem Sauerstoff des Blutes ozonähnliche Eigenschaften zu ertheilen. Dieser Annahme fehlte es bis dahin an unterstützenden Thatsachen. Diese letzteren könnte man vielleicht dadurch zu gewinnen hoffen, dass man dem cirkulirenden Blute gewisse Atomgruppen zusetzt und sich dann überzeugt, ob dieselben rasch verbrannt werden, oder ob sie unzersetzt im Blute verweilen können. Sollte sich hierbei herausstellen, dass diejenigen Stoffe auch im Blutkreislauf rasch oxydirt würden, von denen wir wissen, dass sie den Angriffen des Ozons leicht unterliegen, so würde hierdurch allerdings ein Wahrscheinlichkeitsbeweis für die obengenannte Annahme geliefert sein. Eine grössere Tragweite als die der Wahrscheinlichkeit könnte jedoch in kei-

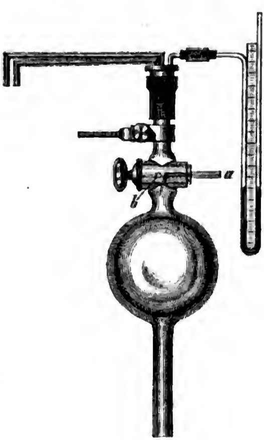
nem Fall einer solchen Thatsachenreihe beigemessen werden, da sich auch noch andere Erklärungen für das Zustandekommen jener Oxydation auffinden lassen.

Trotz der Zweideutigkeit, welche den soeben erwähnten Versuchen rücksichtlich der Frage nach den Oxydationswirkungen innewohnt, schien mir eine Ausführung derselben doch von Belang zu sein. Dieses dürfte namentlich dann der Fall sein, wenn man zur Injection in das lebendige Blut nur solche Verbindungen wählt, welche nachweislich normale Bestandtheile des thierischen Körpers sind. Sollte sich ergeben, dass einige derselben den Sauerstoffverbrauch und die Kohlensäurebildung erhöhen könnten, während diess andere nicht zu thun vermöchten, so würde man daraus schliessen dürfen, dass die ersteren alsbald zerstört würden, sowie sie in den Blutstrom gelangten. Diese Auskunft würde, ganz abgesehen von der Erklärung, welche man ihr unterschieben wollte, jedenfalls eine praktische Bedeutung haben. Aus diesem Grund habe ich die folgende Versuchsreihe, welche mir Herr Professor *C. Ludwig* vorgeschlagen hat, ausgeführt.

Methodische Bemerkungen. Das Verfahren, welches ich bei der Ausführung der Versuche einschlagen musste, war dadurch vorgezeichnet, dass ich die Athemgase als Erkennungsmittel für die eingetretene Oxydation benutzte. Zur Bestimmung derselben diente mir der Fang-Apparat der Athmungsprodukte von *C. Ludwig*, welchen Dr. *Sanders Ezn* beschrieben und auf seine Brauchbarkeit geprüft hat. Während der zahlreichen Versuche, die ich mit demselben anstellte, bin ich noch auf einige Umstände aufmerksam geworden, durch deren Berücksichtigung die Genauigkeit des Verfahrens wesentlich erhöht wird.

Nach meinen Erfahrungen ist es durchaus nothwendig, an jedem Versuchstage aus dem Gasometer, welcher den Sauerstoffvorrath enthält, eine Probe zur Analyse abzunehmen. Diese Vorsichtsmassregel wird nöthig, weil sich der Sauerstoffgehalt des Gasometerinhaltes stetig vermindert. Diese Aenderung war allerdings von vornherein nicht wahrscheinlich, da die Flasche, welche zur Aufhebung des Sauerstoffs diente, mit einem vorzüglich gearbeiteten Messinghahn verschlossen war, der zudem überall unter Wasser stand. Da ich mich jedoch überzeugt habe, dass der O-Gehalt der Gasometerluft sich im Verlaufe

einiger Tage so weit ändert, dass die Abnahme des O durch die Gasanalyse nachgewiesen werden kann, so scheint hieraus zu folgen, dass trotz der erwähnten Vorsichtsmassregeln der Abschluss des genannten Luftraums kein vollständiger ist. Als einmal der O im Gasometer viele Wochen hindurch aufbewahrt war, traf ich ihn so stark mit Stickgas verunreinigt, dass er überhaupt für den Versuch unbrauchbar wurde. Bei dem von mir benutzten Apparate geschieht dieses jedesmal, wenn sich der Stickstoffgehalt in der Luft des Gasometers über $6\,^0/_0$ erhöht. Da bekanntlich der Versuch solange fortgesetzt wird, bis das Thier ein Luftvolum verbraucht hat, welches demjenigen gleich ist, das aus dem Gasometer abgelassen wurde, und da das Thier vorzugsweise, wenn nicht allein, den Sauerstoff aus der ihm zugängigen Luft entfernt, so wird durch den Stickstoff, welchen die Gasometerluft mitbringt, der O-Gehalt im Athmungsraum herabgedrückt. Unter der Voraussetzung, dass die Gasometerluft den oben bezeichneten Gehalt an N besitzt, wird bei den Dimensionen des hiesigen Apparates der O-Gehalt des Athmungsraums unter $15\,^0/_0$ erniedrigt, so dass demnach die Atmosphäre, in welcher das Thier schliesslich athmet, zu weit von der Zusammensetzung der gewöhnlichen Luft abweicht, als dass die Störungen zu vernachlässigen seien, welche hierdurch in den Gasaustausch eingeführt werden.



Um die Genauigkeit der O-Bestimmung, insofern sie durch die Einrichtung des Apparates garantirt wird, noch weiter als bisher zu erhöhen, wurde statt der von *Sanders Ezn* verwendeten O-Kugel eine andere benutzt. Die Röhre, welche nach oben hin von der O-Kugel abgeht, trägt statt des früher nur einmal durchbohrten nun einen *T* förmig durchbohrten Glashahn *a* u. *b*; hierdurch war es möglich, den O-führenden Raum schärfer als bisher von

dem Athmungsraume abzugrenzen. Bei dem Versuche wurde der Hahn folgendermassen gehandhabt: Zuerst ward er in eine Stellung gebracht, bei welcher die O-Kugel nach oben hin vollkommen abgeschlossen war, in dieser Stellung ward das in der Kugel enthaltene Wasser gegen den O ausgetauscht. Wenn dieses geschehen, so übertrifft der Druck des Kugelinhalts den der Atmosphäre; um die für den Versuch nothwendige Gleichheit beider Drucke herbeizuführen, bedient man sich der knieförmigen Hahnbohrung *a*. Man stellt sie vorübergehend so ein, dass der Kugelraum mit der Atmosphäre communicirt, wobei dem gespannten O-Gas Gelegenheit zum Entweichen geboten wird. Bei einer raschen Vollführung des Handgriffs kann man, wie nachher das Manometer zeigt, die Sauerstoffspannung der atmosphärischen vollkommen gleich machen, ohne dass man ein Eindringen von atmosphärischer Luft in die Kugel zu fürchten hätte. — Ist der Binnendruck der Kugel dem atmosphärischen gleich, so dreht man den Hahn in die Stellung, bei welcher durch die Oeffnung *b* die Kugel mit dem Athmungsraum communicirt; alsdann kann der Versuch in der von *Sanders Ezn* beschriebenen Weise beginnen. Beendigt wurde derselbe, wenn das Wasser aus der Druckflasche bis an den Hahn gestiegen war, so dass zu Ende des Versuchs das Wasser genau den Raum ausfüllte, welcher im Beginn desselben von der O-reichen Luft eingenommen wurde. Da der Raum der Glasröhre über dem Hahn und zwar bis zu letzterem hin ventilirt wurde, so konnte man auch sicher sein, dass die Luft in dieser Abtheilung des Apparates schliesslich genau so zusammengesetzt war, wie in jeder andern desselben.

In die Ventilationskugeln, welche mit Quecksilber, Barytlösung und Luft gefüllt sind, habe ich jederseits ein Thermometer eingefügt, so dass mir die Temperatur der Luft zu Ende des Versuchs bekannt war. In der Regel übertraf die Schlusstemperatur des Athmungsraums die der Atmosphäre um 1° C.

Die Kohlensäurebestimmung, welche bekanntlich durch Titrirung der Barytlösung ausgeführt wird, habe ich etwas anders vorgenommen, als sie *Pettenkofer* vorschreibt. Die Neutralisation geschah mit sehr verdünnter, genau graduirter Schwefelsäure, welche mit Lackmustinctur versetzt war; in die Schwefelsäure wurde solange die Barytlösung eingelassen, bis die Flüssigkeit eine weinrothe Farbe annahm. Zu dieser kleinen, auch

von andrer Seite her empfohlenen Abänderung des Verfahrens entschloss ich mich, nachdem ich durch eine vergleichende Untersuchung die Ueberzeugung gewonnen hatte, dass man durch sie übereinstimmendere Resultate erhält, als sie das Curcumapapier gewährt, selbst wenn letzteres mit aller Sorgfalt dargestellt ist.

Da alle Versuche mit möglichster Präcision ausgeführt sind und da, soweit ich sehe, durch das Verfahren kein wesentlicher Fehler eingeführt wird, so könnte ich mit einiger Hoffnung auf Erfolg die Betheiligung des Stickgases an der Athmung discutiren, selbst wenn dieses nur in der Absicht geschieht, um den Grad von Genauigkeit zu beleuchten, welcher meinen O-Bestimmungen zukommt.

Geht man von der Annahme aus, dass während einer Zeit von 25—30 Minuten (das Maximum je einer meiner Beobachtungszeiten) keine merkliche Menge Stickstoffs von dem Thiere eingenommen oder ausgegeben worden sei, so müsste man am Ende des Versuchs dieselbe Stickstoffmenge wiederfinden, die im Anfang desselben vorhanden gewesen wäre. Bezeichnete man also mit N den »procentigen« Stickstoffgehalt der atmosphärischen Luft, mit $\mathfrak{N}$ denjenigen der sauerstoffreichen Luft des Kugelinhalts und mit n den Stickstoffgehalt des Athmungsraums zu Ende des Versuchs; wäre ferner V das Volum des Athmungsraums und v das Volum der Sauerstoffkugel, so müsste $NV + nv = \mathfrak{N}V$ sein. Unter 82 Beobachtungen, welche ich in der nachstehenden Abhandlung mittheilen werde, finden sich jedoch nur 7 Fälle, in welchen die Werthe, die sich aus der genannten Hypothese berechnen, mit dem Ergebniss der Beobachtungen übereinstimmen, oder nur ganz unbedeutend von demselben abweichen.

Die Frage nun, ob sich die gefundene Abweichung auf physiologische durch das Thier gegebene Bedingungen, oder aber ob sie sich auf fehlerhafte Beobachtungsmittel gründet, kann man, wie ich glaube, durch die folgende Betrachtung entscheiden.

Die Abweichungen, welche die restirenden Stickstoffmengen von den ursprünglich vorhandenen darbieten, sind bald positiv und bald negativ. Wir würden also, indem wir nach

Fehlern suchen, zu erörtern haben, wie durch sie ein Verlust oder ein Ueberschuss an N erzeugt werden könnte.

In erster Linie wären die analytischen Fehler zu stellen. Da die Bestimmung der absoluten N-Menge aus zwei O-Messungen hervorgeht, nämlich derjenigen, welche die Luft des O-Behälters und derjenigen, welche die Luft des Athmungsraums zu Ende des Versuchs besitzt, so ist die Bestimmung des N-Gehalts möglicherweise um das Doppelte des analytischen Fehlers zu hoch oder zu niedrig. Wir wollen den Fehler, welcher je bei einer Analyse begangen werden kann, zu ± 0.5% annehmen, ein Werth, der jedoch bei nur einigermassen sorgfältiger Arbeit niemals erreicht wird. Gesetzt aber, er sei so gross gewesen und er falle bei einer jeden der beiden Bestimmungen auf dieselbe Seite, so könnte die Fehlersumme bei den Dimensionen meines Apparates nicht über 5 CbC. steigen, sie könnte dagegen ebensowohl das positive als das negative Vorzeichen besitzen. Unter meinen Beobachtungen kommen 57 Fälle vor, in welchen das restirende N-Volum um 5 bis gegen 6 CbC. grösser oder kleiner ist als das ursprünglich vorhandene. Obwohl es unwahrscheinlich ist, dass sämmtliche bis zu 6 CbC. betragende Abweichungen den analytischen Fehlern zuzuschreiben sind, so wollen wir dennoch diese Annahme in Hinblick auf das Folgende machen. Geschieht dieses, so bleiben mir immer noch 26 Fälle übrig, in denen der N-Unterschied so gross ist, dass er auf keinen Fall auf die bis dahin versuchte Weise zu erklären ist. Wir hätten uns also noch nach andern Fehlern umzusehen.

Zu den Umständen, welche zu einem Verlust von N führen müssen, gehören Undichtigkeiten des Apparats, durch welche ein Luftantheil aus dem Athmungsraum zu entweichen vermag. Da statt der ausgetretenen stickstoffreichern eine an diesem Gas viel ärmere Luft aus der Sauerstoffkugel nachdringt, so muss hierdurch ein Verlust an N entstehen. Die Möglichkeit, dass ein solcher Fehler eintreten könne, lässt sich nicht bestreiten; denn wenn man auch vor Beginn des Versuchs alle übrigen Stücke auf ihren Verschluss prüfen kann, was ich selbstverständlich nie unterliess, so ist es doch unmöglich, den luftdichten Schluss der Schnauzenkappe zu garantiren. Stärkere Oeffnungen sind an diesem Ort allerdings leicht zu vermeiden, sehr feine Spalten dagegen könnten übersehen werden. Zur Beur-

theilung, ob ein N-Verlust aus dieser Quelle entstanden sei, kann, wie mir scheint, der Umstand dienen, ob in jeder der mehrfachen Beobachtungen, die zu einer Versuchsreihe gehören, die Abweichungen nach der negativen Seite hin fallen. Die Art des Versuchs bringt es nämlich mit sich, dass an einem Thier drei bis vier Beobachtungen hinter einander ausgeführt werden, bei welchen die Schnauzenkappe ihre Lage unverändert beibehält. Es ist demnach kein Grund einzusehen, warum in einer Reihe, deren einzelne Beobachtungen unter ganz gleichen Bedingungen ausgeführt werden, eine negative Stickstoffabweichung auf den mangelhaften Schluss der Kappe geschoben werden sollte, wenn in einer gleich darauf folgenden Beobachtung eine positive Abweichung des N eintrat. — Ausser dem Abwechseln positiver und negativer Abweichungen giebt auch noch die Zeitdauer des Versuchs einen Fingerzeig dafür ab, ob ein Entweichen von Gas aus dem Apparat stattgefunden, indem selbstverständlich durch diesen Vorgang die Versuchsdauer abgekürzt wird. Aus alle diesem folgt, dass man einen Verlust an N nur dann aus dem unvollkommenen Verschluss des Apparates ableiten könne, wenn sämmtliche zu einer Reihe gehörige Beobachtungen mit einer negativen Abweichung behaftet sind; der Verdacht wächst, wenn zugleich die Zeit, in welcher die O-Kugel ihren Inhalt in den Athmungsraum entleerte, eine ungewöhnlich kurze ist.

Als einen Umstand, durch welchen eine positive Abweichung von mehr als 6 CbC. erzeugt werden könnte, kann ich nur den einzigen bezeichnen, dass man es unterlassen habe, vor Beginn des Versuchs eine aus dem Gasometer genommene Luftprobe zu analysiren und an die Stelle der fehlenden die Analyse gesetzt habe, welche man einige Tage vorher an einer Probe ausgeführt hat. Aber auch dieser Fehler muss, wo er stattgefunden hat, in allen einzelnen Beobachtungen einer Versuchsreihe zu einem Ueberschuss an N führen.

Die 28 Beobachtungen, in welchen der N-Unterschied über 6 CbC. stieg, sind nun 20mal mit dem negativen und 8mal mit dem positiven Vorzeichen versehen. Von den erstern gehören 8 Beobachtungen (L_2 G, J_2) Reihen an, in welchen nur N-Verluste erscheinen und von den letztern gehören drei zu einer Reihe, in welcher nur N-Ueberschüsse erscheinen. Sondern wir diese als verdächtig ab, so bleiben noch zwölf grössere negative Abweichungen übrig (A. B_1. B_2.? S. L_1. M_1. M_2.

und F.) und fünf grössere positive Abweichungen (B_2. Q. R. J_1 und F.). Da ich mich vergebens nach irgend welcher Fehlerquelle umgesehen habe, aus welcher diese Abweichungen erklärt werden könnten, so bin ich der Meinung, dass sie nur in den physiologischen Bedingungen des Versuchs begründet sein können.

Solange jedoch noch mancherlei Zweifel gegen die Betheiligung des N an der physiologischen Gasbewegung bestehn, darf man den Fall nicht ausser Augen lassen, dass sämmtliche 28 Beobachtungen mit mehr als 6 Procent N-Abweichung auch auf einem Fehler beruhen möchten. Um die Bedeutung, die sie aus diesem Gesichtspunkte beanspruchen können, zu verdeutlichen, genüge die Angabe, dass in 24 der genannten Fälle die N-Abweichung nicht über 12 CbC. stieg.

Selbst hiernach würde sich die O-Bestimmung noch immer als sehr befriedigend erweisen, da in der Zeit, in welcher jene N-Abweichung zu Stande kam, über 400 CbC. verbraucht wurde. Weil aber eine N-Abweichung von 12 CbC. etwa einem O-Fehler von 3 CbC. entspricht, so würde sich der letztere in diesen nahezu ungünstigsten Fällen auf weniger als ein Procent des verbrauchten Sauerstoffs belaufen. — Nur in einer einzigen meiner Beobachtungen (B_2) kommt eine negative N-Abweichung von 37 CbC. vor, welche allerdings, wenn sie auf einem Fehler beruht, das Versuchsergebniss des O's merklich beeinflussen würde. In allen übrigen Fällen erscheinen demnach die Versuche auch angesichts der strengsten Prüfung vollkommen vertrauenswürdig, ja man kann sagen ungewöhnlich genau.

Die weitere Besprechung dessen, was sich aus meinen Versuchen für die respiratorische N-Bewegung etwa ergeben könnte, unterlasse ich; die Frage erscheint mir allerdings noch als eine offene, aber ihre schwierige Lösung kann unmöglich beiläufig gefunden werden.

Ueber die Athembewegung während des Respirationsversuchs. — In allen Beobachtungen, bei denen ich die Athmungsgase fing, habe ich die Athemzüge gezählt; meist dreimal in jedem Einzelversuche. Die hieraus gewonnenen Mittelwerthe setzen mich in den Stand, die folgenden Sätze aussprechen zu können.

Fast ausnahmslos wird die Athemfolge langsamer, wenn das mit der Schnauzenkappe versehene Thier von der Athmung

in freier Luft zu der im geschlossenen Raum übergeht. In letzterm Ort beträgt die Minutenfrequenz der Inspiration in der Regel zwischen fünfzig und sechzig, öfter steigt sie jedoch über hundert und erreichte als Maximalwerth hundert sechs und fünfzig; sie fiel jedoch als Minimalwerth auch bis auf dreissig; dieser niedrigste Werth kam nur bei geschwächten Thieren vor.

Da die Athembewegungen, indem sie seltener wurden, sich zugleich zu vertiefen pflegten, so wird man die Aenderungen in ihrer Folge abzuleiten haben von den Widerständen, welche der Apparat den Respirationsbewegungen entgegensetzt. Diese Widerstände sind allerdings klein, wie man aus den Stellungsänderungen des Manometers und noch mehr aus den Athembewegungen des Thieres selbst sehen kann, welche, wie oben bemerkt, zuweilen eine Zahl annehmen, die auch einem frei athmenden Thiere nur in den Zeiten hoher Aufregung eigen ist.

Wenn das Thier bis zu einer Stunde und länger in den Fang-Apparat respirirte, so verlangsamt sich gewöhnlich die Athemfolge, mit der Dauer des Versuches. Die Art meiner Beobachtungen bringt es mit sich, dass dasselbe Thier 3- oder 4mal hinter einander je 17 bis 30 Minuten lang in den geschlossenen Raum athmen muss; wir werden desshalb die 1. 2. 3. u. s. w. Beobachtung eines Versuchstages unterscheiden müssen. Zwischen je zweien solcher Perioden liegt dann eine meist nicht über zehn Minuten betragende Zeit, in welcher das Thier in die freie Luft athmet. Die Zählungen der Athemzüge lehren nun, dass die mittlere Frequenz, welche ein Thier zeigt, meistentheils am grössten ist, während es zum ersten Mal in den geschlossenen Raum hinein athmet und dass mit jedem folgenden Male die Athemzahlen abnehmen. Diese Regel erleidet jedoch öfters Ausnahmen. Die Erfahrung, welche ich soeben mittheilte, führt ungesucht zu der Annahme, dass das Thier durch den Widerstand des Apparates und zwar um so mehr ermüdet werde, je länger es in ihn respirirt. Damit soll jedoch nicht gesagt sein, dass nicht auch noch andere Erklärungsgründe für die mit der Zeit wachsende Verlangsamung der Athemfolge zu finden seien; dahin würde zum Beispiel der Umstand zählen, dass die Thiere allmählich abkühlen. Hiervon habe ich mich selbst wiederholt durch den Gang eines Thermometers überzeugt, der in den Mastdarm eingesetzt war; er zeigte

nach etwa $1\frac{1}{2}$stündiger Beobachtung eine Temperaturabnahme von 1,5° bis 2° C. — Nicht minder muss das lange Verweilen im aufgebundenen Zustande beruhigend auf die Athembewegungen wirken, weil mancherlei reflectorische Erregungen wegfallen, die sonst als Athmungsreize wirksam sind. — Gesetzt aber, wir haben es auch mit Ermüdungen zu thun, so können dieselben keinesfalls hochgradig sein, da sich die Athembewegungen, wie wir sahen, immer noch aus inneren Gründen beschleunigen können, und weil selbst sanfte, reflectorisch wirkende Berührungen der Haut augenblicklich denselben Erfolg herbei führen.

Aus einer Vergleichung der Athemzüge, welche das Thier in der Minute ausführt, mit den Volumina an Sauerstoff und Kohlensäure, welche es zu derselben Zeit einnimmt und ausgiebt, lässt sich beweisen, dass die Thiere ihr Respirationsbedürfniss vollkommen zu decken vermögen durch den Modus der Athmung, welchen sie bei meinen Versuchen mit dem Fang-Apparat darboten.

Auch ohne eine Analyse der Blutgase, welche hier unausführbar ist, lässt sich nämlich für eine ganze Zahl von beobachteten Fällen beweisen, dass der Gasgehalt eines Blutes bei Beginn des Versuches annähernd gerade so gross gewesen sei, wie zu Ende desselben, oder dass umgekehrt das Blut reicher oder ärmer an Gasen geworden sei. Die Unterlagen, aus welchen diese Schlüsse hervorgehen, sind die Eigenschaften der Athembewegungen selbst und die absoluten Mengen von Sauerstoff und Kohlensäure, welche durch dieselben in der Zeiteinheit ausgetauscht werden.

So wird man beispielsweise mit Recht behaupten dürfen, es sei von einem zum andern Versuch der Kohlensäuregehalt im Blute eines Thieres gewachsen, wenn dieses Thier bei unveränderter Zahl der Athembewegungen und bei der gleichen Zusammensetzung der eingeathmeten Luft in einem ersten Versuche weniger Kohlensäure ausgeathmet hat, als in einem zweiten.

Um mittels des eben erörterten Princips Aufschluss über die Ventilationswirkungen der Athembewegung zu erhalten, habe ich die folgende Zusammenstellung entworfen. In dieselbe sind nur diejenigen meiner Beobachtungen aufgenommen worden, bei welchen die Luft, die am Schluss des Versuchs im

Athmungsraum vorhanden war, nicht weniger als 15 Procente Sauerstoff enthält. Die übrigen habe ich von der vorliegenden Zusammenstellung darum ausgeschlossen, weil man geneigt sein könnte zu behaupten, dass der unter fünfzehn Procent herabgehende Sauerstoffgehalt dyspnoetische Ercheinungen hervorzurufen im Stande sei.

Nummer des Versuchs	In der Minute			
	Zahl der Athemzüge	Aufgenommener O	Ausgeschiedene CO_2	Sauerstoffgehalt der Endluft
F 1	56	10.94	11.27	16.50
F 2	56	15.02	16.83	21.38
F 3	50	15.40	19.16	21.02
F 4	47	14.57	17.48	19.77
G 1	90	13.88	12.74	17.57
G 2	64	16.95	14.42	18.98
G 3	58	17.08	15.19	19.14
G 4	52	15.71	12.69	17.31
A 1	56	14.29	8.64	18.78
A 2	48	13.36	9.17	19.20
A 3	48	12.74	9.19	23.74
B' 1	52	13.38	10.58	18.03
B' 2	50	12.78	10.39	15.67
B' 3	49	12.13	9.35	16.81
B'' 1	32	6.92	6.43	16.53
B'' 2	32	8.18	7.42	16.88
B'' 3	30	6.90	5.54	26.44
C 1	51	12.61	12.62	16.41
C 2	55	12.32	12.07	15.53
Q' 1	64	11.56	5.31	18.27
Q' 2	64	12.98	7.48	18.55
Q' 3	48	14.15	8.88	19.10
Q' 4	52	13.78	9.52	21.38
Q'' 1	56	14.95	10.47	19.12
Q'' 2	52	13.94	10.86	18.88
Q'' 3	48	15.38	12.33	18.49
Q'' 4	48	14.28	10.81	20.23
J' 1	46	16.57	14.34	19.05
J' 2	48	17.70	19.25	16.01
J' 3	46	16.62	16.17	17.03
J' 4	40	16.78	14.24	18.98

Nummer des Versuchs.		In der Minute: Zahl der Athemzüge.	Aufgenommener O	Ausgeschiedene CO_2	Sauerstoffgehalt der Endluft
J''	1	50	20.26	13.75	19.44
	2	50	17.41	14.61	19.82
	3	46	21.02	13.97	18.21
	4	46	22.45	17.80	17.03
L'	1	66	12.67	12.50	19.65
	2	62	13.56	13.64	18.88
	3	56	14.94	14.50	16.51
	4	60	14.27	15.14	18.27
L''	1	52	11.79	12.22	20.08
	2	46	12.09	12.15	19.27
	3	55	14.32	15.71	20.75
	4	46	14.38	14.54	20.33
M	1	52	11.08	9.22	19.57
	2	52	13.28	9.03	20.59
	3	52	11.77	10.12	19.33
	4	58	13.66	12.94	18.22
N	1	156	11.94	10.03	17.09
	2	86	14.16	12.01	17.86
	3	76	16.57	13.53	18.17
	4	76	16.92	14.15	17.81
O	1	58	11.15	6.80	18.99
	2	50	11.05	7.71	20.39
	3	50	11.87	8.55	19.98
	4	44	12.57	8.91	18.15
P'	1	44	14.66	8.97	20.28
	2	34	14.72	9.68	20.18
	3	36	13.09	9.47	20.11
	4	32	12.99	9.90	19.87
P''	1	40	10.40	7.84	19.56
	2	32	11.84	8.13	18.26
	3	32	10.60	8.53	18.78
	4	32	10.41	8.20	18.73
R	1	120	8.58	7.06	16.42
	2	104	8.66	9.06	19.32
	3	88	8.31	8.13	19.31

Die Vergleichung der Werthe, welche hier in Betracht kommen, zeigt uns ein sehr verschiedenes Verhalten derselben.

In einer Anzahl von Fällen bemerken wir, dass wenn mit dem Fortschreiten der Zeit der Gasaustausch steigt oder fällt,

dieses auch mit der Häufigkeit der Athembewegung geschieht. Diese Beobachtungen passen, wie man sieht, zu der Annahme, dass der Gasgehalt des Blutes die Zahl der Athembewegungen und diese wiederum die Mengen der ausgetauschten Gase bestimmt.

Neben den eben geschilderten giebt es eine andere Anzahl von Fällen, in welchen mit der fortschreitenden Zeit die Häufigkeit der Athembewegungen sich vermindert, die Menge der ausgetauschten Gase dagegen sich vermehrt hat oder mindestens gleich geblieben ist. Um dieses Missverhältniss zwischen der Zahl der Athemzüge und der mit ihnen ausgetauschten Gase zu erklären, bleibt nur die Annahme übrig, dass der Gasgehalt des Blutes von den früheren zu den späteren Beobachtungen gewachsen sei. Um dann weiter begreiflich zu finden, dass trotz des an Sauerstoff ärmeren und an Kohlensäure reicheren Blutes, also trotz der lebhafteren Anregung zur Athembewegung diese letztere nicht häufiger geworden sei, muss man weiter annehmen, dass die Athemwerkzeuge mit der fortschreitenden Zeit mehr und mehr ermüdet seien. Die Unhaltbarkeit dieser Hypothesen ergiebt nun aber die weitere Durchsicht der Zahlen.

Bei dieser findet man nämlich auch Beobachtungen, bei welchen mit der fortschreitenden Zeit die Athemfrequenz steigt, und dessungeachtet die Menge der ausgetauschten Gase abnimmt. Diese zuletzt erwähnten Fälle lehren, dass der Grund, warum die Athemfrequenz im ruhig daliegenden Thiere steigt, keineswegs allein von einer Veränderung des Gasgehaltes in seinem Blute herrührt, denn sonst hätte die Zahl der Athemzüge sinken statt steigen müssen, um so mehr, wenn man der vorher ausgesprochenen Unterstellung huldigt, dass mit der wachsenden Versuchsdauer die Ermüdung des Brustkorbes zunimmt. — Rücksichtlich der Ventilation geht aus den zuletzt erwähnten Beobachtungen hervor, dass die seltenere Athmung dasselbe wie die häufigere geleistet hat, denn sonst müsste durch die raschere Athembewegung, welche auf die seltenere folgt, der Vorrath an Kohlensäure ausgeschieden, oder der Mangel an Sauerstoff ausgeglichen sein, welcher durch die früher mangelhafte Ventilation entstanden wäre.

Nicht weniger als die Vergleichung der verschiedenen Perioden desselben Versuchs spricht auch die vergleichende

Betrachtung verschiedener Thiere dafür, dass der Erfolg der Ventilation wesentlich unabhängig sei von der Zahl der Bewegungen, welche der Brustkorb in der Minute ausführt.

Unter den Rubriken, in welchen der Sauerstoffverbrauch und die Kohlensäurebildung aufgezählt werden, findet man bei verschiedenen Thieren sehr häufig dieselben Zahlen wieder; vergleicht man die Athemzahl, welche jedes einzelne der Thiere zu jener Zeit lieferte, so findet man, dass dieselben von sehr ungleicher Grösse sind. Dieses gilt nun eben sowohl für die kleinsten wie für die grössten Werthe des Gasaustausches, so dass sich demnach die Minima und Maxima desselben eben so oft bei rascher als bei langsamer Athemfolge finden.

Darnach scheint es mir vollkommen ungerechtfertigt, die Zahl der Athembewegungen als ein Merkzeichen für die Lebhaftigkeit der respiratorischen Gasbewegung auszugeben. In dieser Beziehung muss ich mich den Bemerkungen anschliessen, welche mein Vorgänger *Sanders Ezn* ausgesprochen hat.

Um unserer Ansicht eine weitere Stütze zu verschaffen, habe ich noch einen Versuch mit künstlicher Hemmung der Athemzüge angestellt. Die Dauer jedes einzelnen Versuchs betrug etwa 20 Minuten. — Hierbei ergaben sich folgende Werthe:

In der Minute			$\frac{CO_2}{O}$	O-Procent des Luftrestes
Athemzüge.	aufgenommen. O	ausgeschiedene CO_2		
84	13.40	8.27	0.61	17.46
36	13.80	8.75	0.63	18.04
64	14.16	12.58	0.88	17.49
28	15.05	11.17	0.74	20.21

Das Ergebniss dieses Versuches stimmt also augenfällig mit einem ähnlichen von *Sanders Ezn* überein und giebt uns die, auch von den soeben angestellten Betrachtungen unabhängige Ueberzeugung, dass eine selbst beträchtliche Aenderung in der Zahl der Athemzüge keine entsprechende in dem Gasaustausch hervorrief.

Die Bedeutungslosigkeit, welche ich mit *Sanders* und *Lossen**) den Zahlen der Athemzüge zuschreibe, verliert alles Auffällige, wenn man erwägt, dass bei meinen Versuchen die Tiefe der Athemzüge zunahm, wenn ihre Häufigkeit absank. Wenn es aber auch dieser Compensation nicht gelingen sollte, mit wenigen

*) Zeitschrift für Biologie II. 244.

tiefen Athemzügen so viel Luft durch die Lunge zu führen, als mit zahlreichen flachen Athemzügen, so wird fest zu halten sein, dass auch die Art der Ventilation in Betracht kommt. Mit derselben Luftmenge wird man sehr verschiedene Effecte erzielen können, je nachdem man sie zum Auswaschen eines weiten Raumes, oder zum Ausspülen eines zeitweise fast vollkommen leeren Raumes benutzt.

Gang der Versuche mit Einspritzung verbrennlicher Molecüle. Nach diesen einleitenden Bemerkungen schildere ich jetzt kurz den Gang derjenigen meiner Versuche, bei denen es sich um die Bestimmung der Athmungsprodukte handelte, bevor und nachdem ein verbrennliches Molecül in das Blut eingespritzt war. — Zur ersten Beobachtung je einer Reihe diente das unversehrte Thier; das Volum des verbrauchten Sauerstoffs und der ausgeschiedenen Kohlensäure, welches ich aus diesem Versuche für je eine Minute berechnete, galt mir als der Normalwerth, mit dem die entsprechenden der folgenden zu derselben Reihe gehörenden Beobachtungen verglichen wurden; war der Normalversuch beendet, so wurde durch passende Stellung des Hahns, der über der Schnauzenkappe liegt, die Lunge des Thieres mit der atmosphärischen Luft in Verbindung gesetzt, alsdann ward eine Jugular-Vene aufgesucht, eröffnet und in diese die vorher genau abgewogene Menge des betreffenden Stoffes eingespritzt. Hiernach ward der Fang-Apparat durch Füllung der Kugel mit Sauerstoff und durch Einsetzung neuer schon vorher gespeister Absorptionsröhrchen wieder vorgerichtet. Da die Vorbereitung des Apparats nur wenige Minuten in Anspruch nimmt, so begann die zweite Beobachtung sehr kurze Zeit nach der Einführung des fremden Stoffes. Wenn diese vollendet war, so liess ich noch eine dritte, öfter auch noch eine vierte Beobachtung folgen. Auf diese Art habe ich der Reihe nach auf ihre respiratorischen Wirkungen geprüft: die Natronsalze der Capronsäure, der Essigsäure, der Ameisensäure, der Milchsäure, der Benzoesäure, den Traubenzucker und das Glycerin.

1. Das milchsaure Natron. Um genau die Menge von Milchsäure zu kennen, welche das Thier erhalten sollte, wog ich ein bestimmtes Gewicht gewöhnlicher Milchsäure ab, versetzte dieses mit etwa 2 CbC. Wasser und neutralisirte darauf mit kohlensaurem Natron. Die Resultate von vier Versuchen, die ich erhielt, giebt die folgende Tabelle.

Zusatz zum Blute.		Dauer des Versuchs	Dauer der Pause	In der Minute: Zahl der Athemzüge	In der Minute: O in Cc. bei 0° u. 1 M. Dr.	In der Minute: CO_2 in Cc. bei 0° und 1 M. Dr.	N-Verbrauch (—) und N-Ausscheidung (+) während der ganzen Zeit des Versuchs.	$\frac{CO_2}{O}$	$\frac{N}{O}$	Temperat. des Körpers	% Gehalt an O in d. Luft	Bemerkungen.
I. Ohne	1	29.23′	—	48	10.68	10.04	+ 3.6	0.94	0.010	37.6-36.5	13.48	Kan. D. Kpg. 1580 gr. 0.3 gr. Milchsäure in 2 CbC. Wasser.
		—	21′	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Milchsäure	2	25.25′	—	42	12.45	12.01	+ 5.43	0.96	0.017	36.1-35.3	12.50	
		—	10′	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3	27.16′	—	42	11.38	10.92	+ 2.22	0.95	0.007	35.3	13.93	
II. Ohne	1	30.08′	—	80	9.98	11.64	+ 7.57	1.16	0.025	—	11.36	Kan. E. Kpg. 1285 gr. 0.64 gr. Milchsäure in 2 CbC. Wasser.
		—	10′	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Milchsäure	2	27.13	—	38	11.43	9.55	+ 13.89	0.83	0.044	—	13 16	
		—	10′	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3	23.2′	—	47	13.93	15.32	+ 18.14	1.10	0.056	—	8.67	
III. Ohne	1	28.88′	--	56	10.94	11.27	+ 5.91	1.09	+ 0.18	—	16.50	Kan. F. Kpg. 1380 gr. 0.8 gr. Milchsäure in 2.5 CbC. Wasser.
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Milchsäure	2	19.88′	—	56	15.02	16.83	— 10.70	1.12	— 0.036	—	21.38	
		—	9′	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3	19.5′	—	50	15.40	19.16	— 9.64	1.24	— 0.3	—	21.02	
		—	12′	—	—	—	—	—	—	—	—	
	4	20.88′	—	47	14.57	17.48	— 4.92	1.19	— 0.012	—	19.77	
IV. Ohne	1	21.66′	—	90	13.88	12.74	— 5.7	0.91	— 0.017	—	17.57	Kan. G. Kpg. 1530 gr. 0.8 gr. Milchsäure in 2 CbC. Wasser.
		—	6′	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Milchsäure	2	17.5′	—	64	16.95	14.42	— 11.18	0.85	— 0.036	—	18.98	
		—	5′	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3	17	—	58	17.08	15.19	— 10.6	0.88	— 0.036	—	19.14	
		—	13′	—	—	—	—	—	—	—	—	
	4	19	—	52	15.71	12.69	— 2.14	0.80	— 0.007	—	17.31	

Aus diesen Zahlen geht hervor, dass nach der Injection von Milchsäure die O-Aufnahme jedesmal und die CO_2-Abgabe in der weitaus grössten Zahl der Fälle vermehrt worden war. Das Verhältniss, in welchem die Vermehrung stattgefunden, wird durch die folgende Zusammenstellung dargelegt. Die Zahlen derselben sind Quotienten, welche man erhält, wenn man das Minutenmittel des O-Verbrauchs oder CO_2-Gewinns vor der Injection der Milchsäure in die gleichnamigen Werthe nach der Injection dividirt.

Das Zeichen $\frac{OII}{OI}$ bedeutet, dass die im milchsäurefreien Zustande verbrauchte O-Menge (OI) in die erste der Beobachtungen (OII) nach Milchsäure-Injection dividirt sei; $\frac{OIII}{OI}$, dass die im milchsäurefreien Zustand des Blutes verbrauchte O-Menge in den O-Verbrauch während des zweiten Versuchs nach Milchsäure-Injection dividirt sei u. s. f.

Die entsprechende Bedeutung haben die Ausdrücke $\frac{CO_2II}{CO_2I}$ u. s. w.

	Quotienten des O-Verbrauchs		Quotienten der CO_2-Bildung		Bemerkungen
I.	$\frac{O\,II}{O\,I}$	1.16	$\frac{CO_2\,II}{CO_2\,I}$	1.20	Kaninchen D 0.3 gr. Milchsäure.
	$\frac{O\,III}{O\,I}$	1.07	$\frac{CO_2\,III}{CO_2\,I}$	1.09	
II.	$\frac{O\,II}{O\,I}$	1.15	$\frac{CO_2\,II}{CO_2\,I}$	0.82	Kaninchen E 0.64 gr. Milchsäure.
	$\frac{O\,III}{O\,I}$	1.40	$\frac{CO_2\,III}{CO_2\,I}$	1.31	
III.	$\frac{O\,II}{O\,I}$	1.37	$\frac{CO_2\,II}{CO_2\,I}$	1.49	Kaninchen F 0.8 gr. Milchsäure.
	$\frac{O\,III}{O\,I}$	1.41	$\frac{CO_2\,III}{CO_2\,I}$	1.70	
	$\frac{O\,IV}{O\,I}$	1.33	$\frac{CO_2\,IV}{CO_2\,I}$	1.55	
IV.	$\frac{O\,II}{O\,I}$	1.22	$\frac{CO_2\,II}{CO_2\,I}$	1.13	Kaninchen G 0.8 gr. Milchsäure.
	$\frac{O\,III}{O\,I}$	1.23	$\frac{CO_2\,III}{CO_2\,I}$	1.19	
	$\frac{O\,IV}{O\,I}$	1.13	$\frac{CO_2\,IV}{CO_2\,I}$	0.97	

Hieraus ergiebt sich als Mittelwerth aller Quotienten für
O = 1.25 CO_2 = 1.25

In Worten sagen also die Zahlen aus, dass nach der geschehenen Einspritzung von milchsaurem Natron der Sauerstoffverbrauch ausnahmslos und zwar meist sehr bedeutend gewachsen sei. Sehr ähnlich verhält es sich mit der Kohlensäure. Unter den zehn Beobachtungen findet sich jedoch auch eine, in welcher die Kohlensäureausscheidung nach der Injection geringer als vor derselben ausfiel. Dafür war in anderen Fällen die Kohlensäureausscheidung um so beträchtlicher, so dass die aus allen Versuchen abgeleitete mittlere Verhältnisszahl des vermehrten Sauerstoffverbrauchs gerade so gross wird, wie diejenige der vermehrten Kohlensäurebildung.

Obwohl die Zahl der mit milchsaurem Natron angestellten Versuche noch eine sehr geringe ist, so habe ich doch nicht unterlassen, noch einige Mittelwerthe aus ihnen zu berechnen. Nimmt man aus den vier Normalversuchen (vor Injection des milchsauren Natron) das Mittel von den Minutenwerthen des Sauerstoffs und der Kohlensäure; führt man dann dasselbe mit den zehn Beobachtungen aus, die nach Injection des milchsauren Natrons gewonnen sind (Milchsäureversuche) und bildet man endlich den Unterschied aus den gleichnamigen Werthen, so erhält man die folgenden Zahlen:

	Mittelwerth aus den Normalversuchen.	Mittelwerth aus den Milchsäureversuchen.	Unterschied der Mittelwerthe.
O	11.37.	14.39.	3.02.
CO_2	11.42.	14.36.	2.94.

Aus ihnen ergiebt sich, dass der Quotient $\frac{CO_2}{O}$ jedesmal der Einheit nahezu gleich kommt.

Da, wie seit *Regnault-Reiset* bekannt, in der Normalathmung der Grasfresser der genannte Quotient gleich 1 ist, vorausgesetzt, dass die verglichenen Werthe aus einer mindestens mehrere Stunden hindurch dauernden Beobachtung genommen sind, so kann dieser Theil unserer Zahlen nicht auffallend erscheinen. Anders verhält es sich mit dem Umstand, dass der Werth dieses Quotienten nicht geändert wurde, als sich in Folge der Einspritzung des milchsauren Natrons der Gasaustausch vermehrte.

Die Milchsäure gehört allerdings zu den Kohlehydraten, welche innerhalb des thierischen Körpers zu Kohlensäure und Wasser oxydirt werden, also kann durch ihre Verbrennung der Quotient der genannten Athemgase nicht geändert werden;

ausgehend von dieser Unterlage, könnte man annehmen, dass die in das Blut eingespritzte Milchsäure einer vollkommenen Verbrennung anheim gefallen sei und einen Beweis hierfür darin finden, dass nach der Einspritzung des milchsauren Salzes der Gasaustausch erhöht und zugleich der genannte Quotient derselbe geblieben sei. Um diese Erklärung in unserem Falle aufrecht erhalten zu können, müsste man aber noch mancherlei Unterstellungen machen; denn die Milchsäure ist nicht als solche, sondern in Verbindung mit Natron der Verbrennung anheim gegeben worden, also würde das Salz eine Asche aus kohlensaurem Natron hinterlassen. Wäre aber mit dem Natron auch nur 1 Atom Kohlensäure verbunden geblieben, so würde der Quotient aus den Zahlen des Ueberschusses (dem Unterschiede der Mittelwerthe aus den Milchsäure- und den Normalversuchen) nicht 1 sondern 0.84 betragen haben. — Demnach müsste, damit der Quotient 1 herauskommen kann, das Natron nicht als kohlensaures im Thiere zurückgeblieben sein. — Zahlreichere Versuche, als sie bis dahin vorliegen, müssen entscheiden, ob die eben abgeleitete Regel von allgemeiner Gültigkeit ist.

Die Zahlen auf pag. 169 führen noch zu einer andern augenfälligeren Beziehung, die zwischen der Menge der eingespritzten Milchsäure und der dadurch bedingten Erhöhung des Athmungsprozesses besteht. Um das Verhältniss beider Grössen ersichtlich zu machen, erscheint es am besten, das Mehr an Sauerstoffverbrauch und an Kohlensäuregewinn zu berechnen, welches während gleicher Zeiten in jedem der vier Versuche in Folge der Einspritzung von milchsaurem Natron zum Vorschein gekommen ist. Um diesen Werth zu erhalten, multiplicirt man das Minutenmittel des Sauerstoffs und der Kohlensäure, welches jeder einzelne Normalversuch gab, mit der Zeit (in Minuten ausgedrückt), während welcher der Versuch nach Einspritzung der Milchsäure andauerte. Diesen Werth, den man als den gesammten Normalwerth bezeichnen kann, betrachte ich als denjenigen, welchen das Thier in jener Versuchszeit geliefert haben würde, wenn kein milchsaures Salz zu seinem Blute gefügt worden wäre. Diesen gesammten Normalwerth zieht man nun von dem gesammten Milchsäurewerth des gleichnamigen Versuches ab. Diesen letzteren erhält man aber einfach dadurch, dass man die Volumina an Sauerstoff und

Kohlensäure addirt, welche in den Versuchszeiten nach Einspritzung des milchsauren Natrons durch die Lungenwand passirten.

Um diesen Gesammtüberschuss für die vier verschiedenen Versuche, welche sich auf ungleiche Zeiten erstrecken, vergleichbar zu machen, kann man sie auf gleiche Zeiten reduciren. Führt man diese Rechnung für den Sauerstoff durch, so gelangt man zu den folgenden Zahlen:

Nummer des Versuchs.	Wirkliche Dauer des Milchsäurevers.	Gesammter Sauerstoffübersch.	Sauerstoffübersch. auf 52 Min. ber.	Gewicht der eingespritzten Milchsäure.
I.	52 Minuten	53.15. Cc.	53.15.	0.30 Grm.
II.	52 ,,	90.85. ,,	90.85.	0.64 ,,
III.	60.5 ,,	244.14. ,,	209.96.	0.80 ,,
IV.	53.5 ,,	143.79. ,,	139.77.	0.80 ,,

Ganz ähnliche Werthe, wie sie soeben aus dem Sauerstoffüberschuss berechnet wurden, stellen sich auch für den Kohlensäureüberschuss heraus, wesshalb ich nicht für nöthig halte, sie noch besonders hier hin zu schreiben.

Aus der Vergleichung des durch die Milchsäure bedingten Sauerstoffs und Kohlensäureüberschusses einerseits und dem Gewicht der eingespritzten Milchsäure andererseits geht hervor, dass beide Grössen mit einander wachsen. Bei der Wichtigkeit, welche die Thatsache für die vorliegende Frage besitzt, dass der Athmungsprozess um so mehr über das bisher bestandene Maass erhöht wird, je grösser die Menge der Milchsäure war, mit der das Blut versetzt wurde, verfehle ich nicht, darauf hinzuweisen, dass nicht blos der Gesammtüberschuss, den jede der vier Reihen liefert, diese Regel bestätigt, sondern dass sie auch, soweit diess wenigstens den Sauerstoff angeht, in jeder einzelnen Beobachtung hervortritt.

Eine weitere aus den auf pag. 169 mitgetheilten Beobachtungen hervorgehende Thatsache besteht darin, dass sich der Zustand erhöheter Respirationsthätigkeit lange Zeit und zwar meist in nahezu ungeschwächtem Maasse erhält. In allen mitgetheilten vier Fällen war nach Beendigung der letzten Gasaufsammlung seit Einspritzung des Salzes mehr als eine Stunde verflossen und dennoch zeigte der Minutenwerth der Respirationsgase einen beträchtlichen Ueberschuss über denjenigen der Normalathmung.

Angesichts dieser Erfahrung ist die Frage gestattet, ob die

Menge der eingespritzten Milchsäure genügenden Stoff zu einer so lang dauernden Verbrennung habe liefern können. Um hier soweit es überhaupt möglich zu entscheiden, kann man so verfahren: 1 Gramm Milchsäure verbraucht 566,8 CbC. Sauerstoff bei 0° und 1 Mt. Hg. Druck zur vollkommnen Verbrennung; hiernach ist auch bekannt, wie viel Sauerstoff jede der in den einzelnen Versuchen eingespritzten Milchsäuremenge zur vollkommenen Oxydation bedarf. Mit diesem für jeden einzelnen Versuch berechneten Werthe hätte man dann die Volumina des Sauerstoffs zu vergleichen, welche jedes Thier während der ganzen Versuchszeit nach der Injection der Milchsäure mehr aufnahm als es voraussichtlich ohne diese letztere verzehrt haben würde. Bei dieser Berechnung sind natürlich auch die Pausen zu beachten, welche zwischen je zwei Beobachtungen liegen. Dieses Mehr an Sauerstoff könnte als dasjenige Quantum angesehen werden, welches die anderweiten im thierischen Körper ablaufenden Oxydationsprozesse der Milchsäureverbrennung übrig gelassen hätten. Eine ähnliche Rechnung kann man für die Kohlensäure ausführen.

Ich beschränke mich auf die Angabe der Sauerstoffrechnung.

Versuchs-Nummer.	Dauer des Milchsäureversuchs sammt Pausen.	Summe des in dieser Zeit verzehrt. Sauerstoffüberschusses.	Das Gewicht an Milchsäure welches durch vorstehenden O verbrennbar ist.	Gewicht der eingespritzten Milchsäure.	Prozentsatz der hypothetisch verbrannten von der eingespritzten.
I.	62 Min.	70.25 CbC.	0.12 Gr.	0.30 Gr.	40 pro Cent
II.	60 »	159.48 »	0.28 »	0.64 »	43 » »
III.	82 »	130.40 »	0.57 »	0.80 »	71 » »
IV.	71.5 »	185.98 »	0.33 »	0.80 »	41 » »

Aus dem Vorstehenden lässt sich ersehen, dass die Steigerung des Athmungsprozesses, soweit sie überhaupt erkennbar ist, in keinem Falle zu einem Grade gediehen war, wie sie zu einer vollständigen Oxydation des gesammten Gewichts an eingespritzter Milchsäure nothwendig gewesen wäre. Dreimal führt die Rechnung übereinstimmend dazu, dass während der Beobachtungszeit etwas über 40 pro Cent der eingespritzten Milchsäure durch den verwendbaren Sauerstoff hätten verbrannt werden können, demnach wäre immer noch am Ende der Beobachtungszeit Milchsäure vorhanden gewesen, selbst wenn

indess ein nicht unbeträchtlicher Antheil des Eingespritzten in den Harn übergegangen wäre.

An diesen langsamen Verbrennungsvorgang der Milchsäure würde man noch weitere Betrachtungen knüpfen können und auch bereitwillig knüpfen, wenn uns nur die unumstössliche Gewissheit gegeben wäre, dass die erhöhte Respirationsthätigkeit, welche durch die Anwesenheit des milchsauren Natrons im Blute veranlasst wird, aus der Verbrennung jenes Salzes abgeleitet werden müsste. Hierfür giebt es allerdings vielfache Wahrscheinlichkeitsgründe. Vor allen die Erfahrung, dass die Milchsäure theils mit der Nahrung eingeführt, theils aber beim Lebensprozess selbst entstanden, häufig und reichlich in den thierischen Organen, aber nur selten und sparsam im Harne vorkommt; sie muss also innerhalb des lebendigen Körpers der Oxydation anheim fallen können. — Aber auch dafür, dass sie, unmittelbar in das Blut übergeführt, der Oxydation erliegen kann, scheint übereinstimmend das zu sprechen, was wir aus dieser Untersuchung erfahren haben; denn mit ihrem Eintritt in das Blut wächst der Austausch der Athemgase an und zwar um so beträchtlicher, je grösser das Gewicht der eingespritzten Säure war, und es dauert diese Steigerung des Gasverkehrs so lange fort, als sich überhaupt unser Stoff im Blute vorfindet. Will man endlich den Mittelzahlen der Ueberschusswerthe, welche ich für den Sauerstoff und die Kohlensäure ableitete, Vertrauen schenken, so würden sogar die Volumina des verbrauchten Sauerstoffs und die der dafür erschienenen Kohlensäure in einem solchen Verhältniss zu einander stehen, wie es bei einer totalen Verbrennung der Milchsäure zu erwarten wäre.

Aber alle diese Gründe geben nichts mehr als eine Wahrscheinlichkeit; denn ihr Fundament, der O-Verbrauch und die CO_2-Bildung, welche von uns als die normale angesehen wurden, ist unsicher.

Als die einzige Zahl, durch welche wir die normale durch die Milchsäure noch nicht veränderte Athmung ausdrücken konnten, musste die gelten, welche das Thier geliefert hatte, bevor seinem Blute das Salz einverleibt war. Diese Zahl wurde nun betrachtet als der Werth, den die Athmung des Thieres eine Stunde und länger unverändert behauptet haben würde, vorausgesetzt, dass die Einspritzung von Milchsäure unterblieben wäre. In dieser letztern Voraussetzung liegt nun das gewagte,

denn es ist uns bekannt, dass die Minutenmittel des O's und der CO_2 nach ihren relativen wie nach ihren absoluten Werthen fortwährenden grossen Veränderungen ausgesetzt sind. — Diese Schwankungen spielen allerdings um einen Mittelwerth herum; aber 17 bis 30 Minuten genügen nicht, um den wahren Werth der Mittelzahl zu finden. Diess geht daraus hervor, dass gewöhnlich die Minutenmittel von einander abweichen, welche für dasselbe unter gleichen physiologischen Bedingungen stehende Thier aus zwei aufeinanderfolgenden und etwa je 20 Minuten dauernden Versuchen abgeleitet sind.

Um unter diesen Umständen den von mir angestrebten Ableitungen einen höhern Grad von Wahrscheinlichkeit zu verschaffen, habe ich desshalb, wo es anging, mit dem Gesammtmittel aus den 4 der Beobachtung unterworfenen Thieren operirt, was mir darum erlaubt schien, weil die Thiere, als sie in den Versuch eingeführt wurden, sich längere Zeit unter sehr annähernd gleichen Verhältnissen befunden hatten. Ob hiermit das angestrebte Ziel erreicht und ob demgemäss die abgeleiteten Resultate von allgemeinem Werthe sind, muss eine ausgedehntere Versuchsreihe lehren.

Wie weit man aber auch den Zweifel ausdehnen möge, ein Ergebniss meiner Versuche erscheint mir unanfechtbar, dass nämlich das im Blute anwesende milchsaure Natron die Bildung der Kohlensäure und den Verbrauch von Sauerstoff vermehrt hat. Hierfür spricht das mit den gewöhnlichen Schwankungen unvereinbare plötzliche Ansteigen des Gasaustausches, das jedesmal unmittelbar auf die Einspritzung des milchsauren Salzes folgt, und nicht minder, dass während der ganzen Beobachtungszeit stundenlang und länger der gesteigerte Athmungsprozess sich über seiner früheren Höhe erhält.

Wenn wir nun demgemäss schliessen, es sei die Athmung durch das im Blute vorhandene milchsaure Natron gesteigert worden, so geht doch andererseits aus meinen Versuchen keineswegs mit Nothwendigkeit der Schluss hervor, dass die beobachtete Vermehrung des Gasaustausches die einfache Folge von einer Verbrennung der Milchsäure gewesen wäre. Zahlreiche andere, hier nicht weiter zu erörternde Vorgänge lassen sich denken, durch welche das milchsaure Natron auch ohne direct zu verbrennen den Athmungsprozess gesteigert habe. Der einzige directe Beweis, aus welchem auf eine Verbrennung

des eingespritzten Stoffes innerhalb des Thieres selbst geschlossen werden müsste, der nämlich, dass sich in Folge der erhöhten Athmung die Menge des milchsauren Natrons in einer dem aufgenommenen Sauerstoff entsprechenden Weise vermindert habe, lässt sich aus bekannten Gründen nicht führen. Da nun aber doch in dem Nachweis der Milchsäureverbrennung der Schwerpunkt der Versuchsreihe liegt, so musste ich in Ermangelung des geraden, den indirecten Weg betreten.*)

Zunächst erschien es mir als ein wesentlicher Fortschritt für unsere Frage, wenn es gelingen sollte festzustellen, dass unser Salz nicht etwa dadurch die Athmung belebt habe, dass es den Absorptionscoëfficienten des Blutes für Sauerstoff erhob, oder dadurch, dass es die Stromgeschwindigkeit durch Minderung der Reibung mehrte u. s. f.

Als eine Methode, wodurch man im Stande ist diese und ähnliche Erklärungsarten auszuschliessen, trat mir die künstliche Leitung des Blutes durch überlebende Organe entgegen.

Des bequemen Blutstroms wegen wählte ich als das zu durchströmende Organ die Niere des Hundes. Von demselben Thiere, welches die Niere hergegeben hatte, wurde auch das Blut genommen.

Das abgelassene, defibrinirte Blut ward in zwei Flaschen vertheilt, in einer derselben blieb es rein, in der andern ward ihm milchsaures Natron zugesetzt. Aus den Flaschen geschah die Durchleitung mit alle den Vorsichten, welche in diesen Berichten wiederholt besprochen sind.

*) Um naheliegenden Einwänden zu begegnen, diene die Bemerkung, dass ich den Harn der Thiere nicht unbeachtet gelassen habe. Ich habe denselben in der besondern Absicht untersucht, ob einige Stunden nach Einspritzung des milchsauren Natrons kohlensaures Natron in ihm zu finden sei. Um sicher zu gehen, dass das etwa vorhandene kohlensaure Salz nicht von einem Bestandtheil der Nahrung herrührte, verwendete ich zu meinen hier einschlagenden Experimenten nur solche Kaninchen, welche wenigstens 15 Stunden vor der Einspritzung gehungert hatten. Auf diese Weise behandelt liefern die Kaninchen in der Regel einen sauren Harn; so fand ich ihn auch in meinen Versuchsthieren, aber diess geschah ebensowohl vor wie anderthalb bis 2 Stunden nach der Einspritzung. Die Menge des Harns, welche ich von den mit milchsaurem Natron versetzten Thieren erhielt, war zu gering, um weitere Beobachtungen mit ihnen anstellen zu konnen.

Aus mehrfachen Gründen erscheint es wünschenswerth, den Versuch am Hund wieder aufzunehmen.

Ausser der Prüfung des chemischen Vorgangs durch die Athmungsgase hätte diese Durchleitung durch die Niere vielleicht auch noch andere Versuchswege möglich gemacht; ich habe sie jedoch nicht zu betreten versucht, sondern mich an das Studium der Respirationsgase gehalten. Freilich geschah dieses von vorne herein nicht ohne Besorgniss. Denn es liess sich erwarten, dass in einem so saftreichen, aus verschiedenen Formen und Stoffen zusammengebauten Organ, wie es die Niere ist, der Athmungsprozess nicht so glatt ablaufen werde. — Hiervon überzeugte mich dann auch ein Vorversuch, welchen ich in der Note mittheile.*) Danach beruht eine der Bedingungen des glücklichen Ausfalls dieser Versuche auf dem zufälligen Ereigniss, dass man Nieren findet, welche an und für sich einen gleichmässigen Gang ihrer Athmung zeigen.

Bevor ich nun die Resultate meiner Beobachtungen mittheile, werde ich erst den Zustand schildern, in welchen die Niere durch die Blutleitung kam. Die Nierengefässe waren so vollständig eingebunden, dass das in die Arterie geführte Blut, einige wenige Tröpfchen abgerechnet, sämmtlich wieder aus der Vene zurückkam. Der Blutstrom zeigte auch hier die Eigenthümlichkeit, dass mit der Dauer seine Widerstände wuchsen, man musste also, wenn man in mehreren auf einander folgenden Durchleitungen die gleiche Geschwindigkeit erzielen wollte, den Stromdruck steigern. Dieser anwachsende Druck ist nun aber für die Niere kein gleichgültiges Ereigniss, indem durch denselben eine Filtration von Blutflüssigkeit in das Nierengewebe eingeleitet wird, die eine sichtliche Anschwellung des ganzen Organs herbeiführt. Es lässt sich erwarten, dass mit der Filtration auch die Athmungsvorgänge in der Niere sich ändern. Um dieses nach Kräften zu vermeiden, habe ich den

*) Durchleitung von reinem defibrinirten Blut bei Zimmertemperatur durch die Niere. Blut und Niere von demselben Thier. Die Niere behielt ihre Lebenseigenschaften. Das Gas ist bei 0°C. und 1 Mtr. Hg.-Druck gemessen:

	In der Minute	
Blut	Verbrauchter O	Gewonnene CO_2
1.3 CbC.	0.125 Cb.	0.064
1.3 »	0.169 »	0.091
1.2 »	0.160 »	0.128

Versuch mit einem niedrigen Druck begonnen. Zu Ende der mehrere Stunden hindurch dauernden, bei Zimmertemperatur vorgenommenen Durchleitung war die Niere noch mit allen Lebenseigenschaften begabt: electrische Reizungen machten die Niere erblassen und veranlassten im Ureter kräftige Zusammenziehungen. Aus den geöffneten Lymphgefässen floss eine klare Flüssigkeit ab, Harn ward dagegen niemals gebildet.

Die Thatsachen, welche ich rücksichtlich der Athmung an zwei Nieren erhalten habe, stelle ich in der gewöhnlichen Weise zusammen. Ich hoffe, dass bei einer sorgsamen Berücksichtigung der Ueberschriften die Bedeutung der in die Tabelle aufgenommenen Zahlen auch ohne weitere Erklärung ersichtlich sein wird.

Blutart	Stromdruck in MM. Hg.	Prozentischer Gehalt an		In der Minute aus der Niere			
		O	CO_2	Blut	O	CO_2	
Rein. Blut nach dem Auffangen.	—	15.95	20.51	—	—	—	
Reines Blut beim Schluss des Versuchs.	—	13.98	21.73	—	—	—	
Blut mit milchsaurem Natron versetzt, frisch.	—	15.93	20.68	—	—	—	
Dasselbe Blut zum Schluss des Versuchs.	—	14.28	21.68	—	—	—	
Durch die Niere. Reines Blut.	52 MM.	5.05	25.74	0.98 Cc.	0.107	0.051	
Blut mit milchsaurem Natron.	54 »	2.98	28.26	1.03 »	0.134	0.078	
Blut mit milchsaurem Natron.	54 »	3.17	28.10	1.22 »	0.136	0.078	
Reines Blut.	56 »	3.71	28.98	1.08 »	0.111	0.078	
Rein. Blut nach dem Auffangen.	—	13.23	18.13	—	—	—	Die Blutportion, welcher das milchs. Natron zuges. war, wurde bei Luftzutritt geschüttelt, woraus sich d. Unterschied ihres Gasgeh. von dem des frischen Blutes erklärt.
Blut mit milchsaurem Natron versetzt, frisch.	—	16.74	17.34	—	—	—	
Durch die Niere. Reines Blut.	35 »	7.73	21.20	1.43 »	0.079	0.044	
Blut mit milchsaurem Natron.	48 »	8.59	24.51	1.30 »	0.106	0.094	
Blut mit milchsaurem Natron.	46 »	6.07	25.75	1.44 »	0.154	0.121	
Reines Blut.	59 »	6.55	23.40	1.28 »	0.084	0.067	

Von den Folgerungen, zu welchen diese Zahlen führen, hebe ich zuerst die hervor, dass ein Zusatz von milchsaurem Natron zu dem aus der Ader gelassenen Blute in dem Gasgehalt dieses letzteren keine Veränderung veranlasst. Von dieser Unwirksamkeit unseres Salzes überzeugte uns die Vergleichung der 4 Zahlenreihen, mit welchen die 1. Versuchsreihe beginnt. Diese stellen den Sauerstoff und Kohlensäuregehalt des reinen und des mit milchsaurem Natron versetzten Blutes dar, welche unmittelbar bei Beginn des Versuches vorkamen, und ferner die gleichnamigen, welche sich vorfanden, nachdem beide Blutsorten, so lange als der Durchleitungsversuch dauerte, bei der Zimmertemperatur verweilt hatten. Beide Blutsorten haben eine Einbusse an Sauerstoff und einen Zuwachs an Kohlensäure erlitten, der in beiden Fällen sehr annähernd derselbe ist. Somit erscheint es gerechtfertigt, wenn man dem milchsauren Natron die Befähigung abspricht, sich an den gewöhnlichen im abgelassenen Blute immer vorkommenden langsamen Umsetzungen specifisch zu betheiligen.

Augenblicklich tritt aber ein Einfluss des milchsauren Natrons auf die Gasumwandlung im Blute hervor, wenn man das letztere durch die Gefässe der Niere hindurch leitet. Um die Art und Grösse der Wirkung zu erkennen, bitte ich die Zahlen zu beachten, welche im 5. 6. und 7. Stabe der vorstehenden Tabelle stehen. Aus ihnen erkennt man, dass der absolute Sauerstoffverlust, welchen das Blut in der Minute erleidet, während des ersten Versuchs in dem Verhältniss von 100: 125 und 127, während des zweiten aber im Verhältniss von 100: 134 und 195 anstieg, als, statt des reinen, milchsäurehaltiges Blut die Niere durchsetzte. Dieser beträchtlich vermehrte Sauerstoffverbrauch kehrte sehr nahe zu seinem ersten geringeren Werthe wieder zurück, als nun umgekehrt reines Blut statt des milchsäurehaltenden zugeführt wurde.

Diese an den beiden Nieren ausgeführten Versuche lassen demnach keinen Zweifel darüber, dass es nur die Anwesenheit des milchsauren Natrons ist, welche den grössern Sauerstoffverbrauch bedingt.

Aehnliches wie die Zahlen des Sauerstoffes bieten die der Kohlensäure. Die Uebereinstimmung ist in sofern vollständig, als mit dem Eintritt des milchsäureführenden Blutes augenblicklich die Kohlensäurebildung zunimmt. Das Verhalten des

letzteren Prozesses weicht von dem, durch welchen der Sauerstoff verschwindet, jedoch in sofern ab, als nach dem Wiederersatz des milchsäurehaltenden Blutes durch reines die Kohlensäurebildung noch merklich höher bleibt, als sie es vor der ersten Einführung des Milchsäure-Blutes gewesen war. Da sich diese Nachwirkung der Milchsäure in beiden Fällen nicht in gleicher Weise ausprägt, so müssen erst weitere Untersuchungen entscheiden, ob wir es hier mit einer constanten Erscheinung zu thun haben.

Bei der grössern Einfachheit in den Bedingungen unseres gegenwärtigen Versuches werden wir es uns vielleicht eher erlauben dürfen, den Athmungsvorgang, welcher bei der Anwesenheit des milchsauren Natrons stattfindet, als die Summe zweier anderer ansehen zu dürfen, nämlich des normalen, welchen das Blut ohne die Anwesenheit des milchsauren Natrons erfahren hätte und des eines zweiten, der durch die Einführung des genannten Salzes bedingt ist.

Um die Werthe, welche diesem letztern Vorgang angehören, rein zu erhalten, verfahren wir auch hier wie wir es früher thaten, wir ziehen nämlich die Grösse des Sauerstoffverbrauchs und der Kohlensäurebildung, welche bei der Durchleitung des reinen Blutes bestanden, von denjenigen ab, welche während der Durchführung des milchsäurehaltenden Blutes gewonnen wurden. Führt man dieses aus und bildet aus dem Sauerstoff und der Kohlensäure des zur Milchsäure gehörenden Antheils der Athmung den Quotienten $\frac{CO_2}{O}$, so bemerkt man, dass dasselbe dreimal unter den vier Fällen der Einheit gleich ist.

Aus den Versuchen mit Durchleitung des Blutes durch die Nieren geht nun allerdings mit hoher Wahrscheinlichkeit hervor, dass die Ursache, warum die Milchsäure in dem strömenden Blute die Athmung belebt, in der Verbrennung derselben zu suchen sei; denn einmal empfiehlt sich die Annahme als die einfachste, nachdem alle andere Hypothesen beseitigt sind, die nicht auf den directen Antheil irgend welcher chemischen Wirkung hinweisen, und dann tritt das Verhalten des Quotienten des $\frac{CO_2}{O}$ geradezu bestätigend für die gemachte Annahme ein. Ich würde demnach die Verbrennung der Milchsäure als sichergestellt ansehen, wenn die Zahl der Versuche, auf die sich meine Folgerungen stützen, schon jetzt eine grössere wäre.

2. **Traubenzucker.** Ich wende mich nun zur Darstellung der Versuche, welche ich mit Traubenzucker angestellt habe. In der folgenden tabellarischen Zusammenstellung sind die Resultate niedergelegt, welche ich an den Athmungsprodukten der lebenden Thiere erhielt, bevor und nachdem ich in das Blut derselben den Traubenzucker eingespritzt hatte.

Zusatz zum Blute		Dauer		In der Minute			N-Verbrauch (—) Ausscheidung (+) während der ganzen Zeit des Vers.	$\frac{CO_2}{O}$	$\frac{N}{O}$	Temperat. des Korpers	% Gehalt an O in der Luft	Bemerkungen
		des Versuchs	der Pause	Zahl der Athemzüge	O in Cc. bei 0° u. 1 M. Dr.	CO_2 in Cc. bei 0° und 1 M. Dr.						
I. Ohne	1	20'	—	56	14.29	8.64	— 1.39	0.60	0.005	—	18.78	Kaninch. A. Kpg. 1380 gr. 0.8 gr. Zucker.
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Traub.-zucker	2	21.25'	—	48	13.36	9.17	— 3.15	0.67	0.011	—	19.2	
		—	15'	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3	21'	—	48	12.74	9.19	— 7.50	0.72	0.028	—	23.74	
II. Ohne	1	22.5'	—	52	13.38	10.58	— 9.05	0.79	0.089	38.3 38.2 38.0	18.03	Kaninch. B. Kpg. 1372 gr. 0.8 gr. Zucker.
Mit Traub.-zucker	2	23.93	—	50.4	12.78	10.39	— 0.37	0.81	0.001	37.7-37.4	15.67	
		—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3	24.93	—	49.2	12.14	9.35	— 4.72	0.77	0.015	37.3-37.2	16.81	
		—	10'	—	—	—	—	—	—	—	—	
	4	23.73'	—	46.0	13.34	10.60	+ 6.44	0.79	0.020	37.2	13.73	
III. Ohne	1	40.2'	—	32	6.92	6.43	— 1.88	0.92	0.006	32.4	16.53	Kaninch. B. Kpg. 940 gr. 2 gr. Zuck. Sieben Tage lang vor dem Versuch m. Eiern gefüttert.
		—	15'	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Traub.-zucker	2	36.75'	—	32	8.18	7.42	— 3.26	0.90	0.011	33.9-34.1 34.0	16.88	
		—	18'	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3	38.66	—	30	6.90	5.34	— 37.86	0.80	0.111	33.0	26 44	
IV. Ohne	1	23.73'	—	51.2	12.61	12.62	— 3.9	1.00	0.013	37.8-37.5	16.41	Kaninch. C. Kpg. 1700 gr. 2 gr. Zucker.
		—	18'	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Traub.-zucker	2	24.75'	—	55	12.32	12.07	+ 1.32	0.98	0.004	37.2-36.9	15.53	
		—	13'	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3	24.48	—	44	12.41	12.21	+ 4.09	0.98	0.018	36.9	14.52	

Fortsetzung der Tabelle von voriger Seite.

Zusatz zum Blute		Dauer des Versuchs	Dauer der Pause	In der Minute: Zahl der Athemzüge	In der Minute: O in Cc. bei 0° u. 1 M. Dr.	In der Minute: CO_2 in Cc. bei 0° und 1 M. Dr.	N-Verbrauch (—) Ausscheidung (+) während der ganzen Zeit des Versuchs	$\frac{CO_2}{O}$	$\frac{N}{O}$	Temperat. des Körpers	% Gehalt an O in der Luft	Bemerkungen
V. Ohne	1	25.8	—	64	11.56	5.31	+ 1.28	0.46	0.004	—	18.27	Kan. Q. 1.2 gr. Zucker in 3 Cc. Wasser.
		—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Traub.-zucker	2	23.7	—	64	12.98	7.48	— 0.06	0.57	0.0001	—	18.55	
		—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3	21.5	—	48	14.15	8.88	— 1.67	0.62	0.005	—	19.10	
		—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	
	4	21.5	—	52	13.78	9.52	+ 12.43	0.69	0.03	—	21.38	
VI. Ohne	1	21.26	—	56	14.95	10.47	— 1.37	0.72	0.004	—	19.12	Kan. Q. 1730 gr. Kpg. 0.8 gr. Zucker in 3 Cc. Wasser.
		—	16	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Traub.-zucker	2	22.0	—	32	13.94	10.86	— 1.20	0.78	0.003	—	18.88	
		—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3	20.0	—	48	15.38	12.33	+ 0.34	0.80	0.001	—	18.49	
		—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	
	4	21	—	48	14.28	10.81	— 5.09	0.75	0.01	—	20.23	

Die in dem 5. und 6. Stabe eingeschriebenen Zahlen, welche die Minutenwerthe des O und der CO_2 wiedergeben, bieten ein wesentlich anderes Bild, als das entsprechende nach der Injection von milchsaurem Natron. Während sich dort nach der

Injection die Athmung ausnahmslos lebhafter gestaltete, zeigt sich jetzt in 15 Beobachtungen, dass der Gasaustausch nach dem Einbringen des Zuckers in einigen Fällen gleich, in anderen etwas grösser, in noch anderen geringer als vor der Injection ist. Zieht man aus allen Bestimmungen des Sauerstoffs und der Kohlensäure vor und nach der Injection das Mittel, so stellt sich dieses folgendermassen:

Minutenmittel des O { vor Injection (6 Best.) 12.28.
nach Zuckerinjection (15 Best.) 12.67.

Minutenmittel der CO_2 { vor Injection (6 Best.) 9.01.
nach Zuckerinjection (15 Best.) 9.72.

Die Zahlen aus den Normal- und Zuckerbeobachtungen sind also nahezu dieselben. Daraus darf geschlossen werden, dass die Lebhaftigkeit der Athmung nicht erhöht wird durch die Anwesenheit des Zuckers im Blute; und hieran lehnt sich sogleich der weitere Zusatz an, dass wir keinen Grund zu der Annahme haben, es könne der Zucker als solcher, wenn er dem Blute einverleibt wird, den oxydirenden Vorgängen innerhalb der Gefässe verfallen. — Erwägt man ausserdem, dass die Dauer der Beobachtung sich in den vorliegenden Versuchen jedesmal auf mehr als eine Stunde erstreckt, so liegt der Annahme nichts im Wege, dass der Zucker Zeit gehabt habe, aus dem Blute in die Gewebe zu diffundiren. Würde er dort, wie man anzunehmen pflegt, sehr rasch zerlegt und damit der Oxydation zugängig, so hätte man erwarten können, dass die Athmung in den spätern Stadien des Versuchs lebhafter geworden sei. Aber auch hiervon zeigt sich keine Spur.

Ich kann nicht leugnen, dass mich dieses Ergebniss überraschte, da ich bisher mit der allgemein verbreiteten Meinung geglaubt hatte: es gehöre der Zucker zu denjenigen Bestandtheilen des Organismus, welche an allen Orten desselben vorzugsweise leicht zerstört werden. Sieht man sich nun unter Berücksichtigung meiner Erfahrung die Thatsachen an, welche diese Annahme unterstützen sollen, so ergiebt sich allerdings bald die Unhaltbarkeit derselben.

Ein grosser Theil unserer Nahrung besteht aus Zucker; aus andern ursprünglich zuckerfreien Bestandtheilen unserer Speisen kann der Organismus Zucker entstehen lassen; von allem diesem Zucker erscheint in der Regel nichts in unsern Exkreten, also muss er massenweise, wie er gekommen, auch zerstört worden

sein. Dieser Satz ist unzweifelhaft richtig, aber er schliesst die Folgerung nicht aus, dass der Zucker nur in ganz bestimmten Zersetzungsheerden wie z. B. im Darmkanal in Kohlensäure und Wasser umzuwandeln sei. Andrerseits spricht für die Beschränkung der zuckerzerstörenden Wirksamkeit des Organismus geradezu manches, so z. B. die bekannte Thatsache, dass der Zucker, welcher in das Blut des Säugethiers gelangt ist, so rasch und in so grossen Mengen in den Harn übergeht: würde er in dem Blute zerlegt, so könnte er im Harn nicht erscheinen. Allerdings haben sich mehrere Autoren dafür ausgesprochen, dass der Zucker auch innerhalb des lebendigen Blutstroms zerstört werde, so z. B. früher *Pavy.**) Aber vergebens sieht man sich in den neueren Schriften dieses Arztes nach einer Wiederholung seiner früheren Angaben um, so dass der Anschein entsteht, als ob er selbst keinen Werth mehr auf seine früheren Mittheilungen lege. — *Ph. Falk* und *Limpert***) haben gefunden, dass von dem Traubenzucker, welchen sie in das Blut spritzten, nur eine beschränkte Menge im Harn erschien, und dass auch dieses nur dann geschieht, wenn der Zuckergehalt des Blutes schon auf einen nicht unbedeutenden Grad gestiegen ist. Gegen die Nothwendigkeit der zuletzt genannten Bedingung sprechen zahlreiche neue Erfahrungen, wonach bei einem selbst so geringen Zuckergehalt des Blutes wie ihn z. B. eine reichliche Mahlzeit hervorruft, schon ein zuckerhaltiger Harn entstehen soll. Nehmen wir aber die Richtigkeit beider Behauptungen von *Falk* und *Limpert* an, der bestrittenen und der nicht bestrittenen, so würde daraus immer noch nicht folgen, dass der Antheil des Zuckers, welcher aus dem Blute nicht in den Harn gelangt, dort auch in Kohlensäure und Wasser zerlegt werden müsste. Warum sollte der Zucker nicht noch leichter durch andere Blutgefässe hindurch dringen, als durch die der Niere?

Gegen die überall gleich leichte Zerstörbarkeit des Zuckers spricht auch sein Verhalten in der Leber, aus der er leicht als solcher ausgeführt wird, wenn er daselbst entstanden war. — Nicht weniger wahrscheinlich ist es, dass der Zucker der Muskeln erst in Milchsäure umgewandelt werden muss, bevor er der vollständigen Oxydation anheim fallen kann.

---

*) *Schmidts* Jahrbücher, 90. Bd.

**) *Virchows* Archiv, 9. Bd.

Aus einer Ueberschlagung aller dieser Erfahrungen geht zum mindesten hervor, dass wir keine Veranlassung zu der Annahme haben, es werde innerhalb des lebendigen Blutstromes selbst die vollständige Zerlegung des Zuckers herbeigeführt.

Bei der wichtigen Rolle, welche der Zucker im thierischen Körper spielt, und bei der theoretischen Bedeutung, welche der Art seiner Umsetzung durch den Lebensprozess zugeschrieben werden muss, hielt ich es für der Mühe werth, den Erscheinungen noch weiter nach zu gehen. Zu dem Ende liess ich auch den Zucker, ähnlich wie das milchsaure Natron, in einem künstlichen Blutstrom durch die Niere wandern, dabei erhielt ich die folgenden, zum Theil schwer zu deutenden Ergebnisse.

Bei dem Beginn dieser Beobachtungsreihe ging ich von der Voraussetzung aus, dass das defibrinirte arterielle Blut gegen Traubenzucker vollkommen indifferent sei. So hatte es sich *Hoppe-Seyler* *) in der That gezeigt, als dieser die oxydirende Wirkung des Blutes auf Traubenzucker geprüft hatte. Dem entsprechend erschien es mir unverfänglich so vor zu gehen, dass ich zwei verschiedene Portionen desselben Blutes über Quecksilber in zwei verschiedene Flaschen auffing und zu einer Portion einige Gramm Traubenzucker setzte, alles dieses in der Absicht, um nach Belieben bald zuckerhaltiges und bald zuckerfreies Blut durch die ausgeschnittene Niere führen zu können. Der grösseren Sicherheit wegen entnahm ich jedoch aus jeder der beiden Flaschen eine Probe, unmittelbar nachdem das Blut und der Zucker eingefüllt waren, und dasselbe that ich wiederum, nachdem die Flaschen bei gewöhnlicher Zimmertemperatur fünf und eine halbe Stunde (— so lange dauerte die Durchleitung —) gestanden hatten. Sämmtliche vier Proben wurden ausgepumpt und das gewonnene Gas analysirt.

100 Theile des Blutes enthielten:

Reines Blut	im Beginn	O = 16.24	CO_2 = 23.71	N = 1.90,
	nach $5^1/_2$ Stunde	O = 16.33	CO_2 = 23.69	N = 1.90.
Zuckerhaltiges Blut	im Beginn	O = 16.35	CO_2 = 23.72	N = 1.13,
	nach $5^1/_2$ Stunde	O = 12.90	CO_2 = 27.59	N = 1.34.

Danach hatte sich also beim Aufenthalt in gewöhnlicher Zimmertemperatur der Gasgehalt des reinen Blutes nicht geändert,

*) Medicinisch chemische Untersuchungen, I. Heft, 136.

während im zuckerhaltigen Blute der O-Gehalt um 3.25% ab-, der CO_2-Gehalt dagegen um 3.85% zugenommen hatte.

Ich lasse unentschieden, wie man diese Erfahrung deuten soll; mir drängte sie für die zukünftigen Versuche die Vorsicht auf, dass ich den Zucker erst in dem Augenblicke zu dem Blute setzte, in welchem ich die Durchleitung der betreffenden Portion vornehmen wollte.

Nachdem ich dies vorausgeschickt, wende ich mich zur Anführung der Resultate von vier Versuchen mit künstlicher Leitung durch die ausgeschnittene Niere; hierbei beschränke ich mich, um die Zahlen nicht allzusehr zu häufen, auf die Anführung der Minutenmittel und bemerke nur noch zu der nachstehenden Tabelle, dass wenn vom Strom reinen Blutes zu einem solchen mit Zuckerblut oder umgekehrt übergegangen wurde, jedesmal erst die Niere durch die Blutart längere Zeit hindurch ausgewaschen wurde, welche gerade aufgefangen werden sollte, so dass z. B. wenn das Auffangen des Zuckerbluts beendet war und dann zum reinen Blute übergegangen werden sollte, erst 10 bis 20 CC. reinen Bluts durch die Niere geführt und weggelassen wurden, bevor das Auffangen dieser Blutart aus der Vene begann.

Blutart durch die Niere	In der Minute an CbC.		
	Blutvolum	Verbraucht. O	Gebildete CO_2
Normalblut	1.54	0.077	0.085
Zuckerblut	1.54	0.094	0.084
Normalblut	1.58	0.125	0.089
Zuckerblut	1.58	0.065	0.060
Normalblut	0.94	0.052	0.042
Zuckerblut	1.00	0.073	0.072
Zuckerblut	0.92	0.069	0.050
Normalblut	0.74	0.051	0.054
Normalblut	0.53	0.036	0.036
Normalblut	2.0	0.162	0.163
Zuckerblut	1.97	0.183	0.120
Normalblut	1.97	0.214	0.174
Normalblut	1.82	0.198	0.168
Normalblut	1.5	0.140	0.057
Zuckerblut	1.5	0.204	0.101
Normalblut	1.5	0.147	0.145

Die Erscheinungen, welche die Beobachtung zu Tage gefördert hat, sind sehr verwickelt und nach allen Richtungen hin einander widersprechend. So geht z. B. aus der Vergleichung der Zahlen für die Kohlensäure und den Sauerstoff hervor, dass die beiden Gasarten durchaus ungleichmässig an dem Respirations-Prozess betheiligt waren. Aus der Betrachtung der Sauerstoffcurve sollte man z. B. aus Versuch 2 und 4 schliessen, dass durch die Einführung des Zuckers der Respirations-Prozess beschleunigt werde, diess geht dagegen aus einer Betrachtung der Kohlensäurecurven in den entsprechenden Versuchen durchaus nicht hervor. In einem ähnlichen Widerspruch, wie die eben citirten, gleichzeitig erhaltenen Minutenmittel der Kohlensäure und des Sauerstoffs stehen, befinden sich nun auch die Minutenmittel des Sauerstoffs im ersten und dritten Versuch zu jenen des zweiten und vierten. Mit einem Wort, die vorliegenden Zahlen lassen keine Gesetzmässigkeit durchblicken. Dieses Ergebniss ist nicht verwunderlich in Hinblick auf die pag. 178 angeführte Durchleitung reinen Blutes durch die Niere. In unserm Organ kann, wie es scheint, die Umsetzung der Stoffe aus inneren Gründen sehr variabel sein, so dass die von aussen am Athmungsprozess angebrachten Veränderungen dagegen verschwinden. Somit würde es gerathen sein, in Zukunft bei ähnlichen Versuchen einen anderen capillaren Bezirk zu benutzen.

3. Capronsaures Natron. Die Versuche über den Einfluss des capronsauren Natrons auf die Athmung habe ich genau so angestellt, wie die entsprechenden mit milchsaurem Natron. Die Resultate, welche ich bei den Einspritzungen erhielt, sind die folgenden:

Zusatz zum Blute		Dauer des Versuchs	Dauer der Pause	In der Minute: Zahl der Athemzüge	In der Minute: O in Cc. bei 0° u. 1 M. Dr.	In der Minute: CO_2 in Cc. bei 0° und 1 M. Dr.	N-Verbrauch (−) Ausscheidung (+) während der ganzen Zeit des Versuchs	$\frac{CO_2}{O}$	$\frac{N}{O}$	% Gehalt an O zum Schl. des Vers.	
I. Ohne	1	23.50	—	66	12.67	12.30	— 8.88	0.98	0.03	19.65	Kaninch. L. Kpg. 1500 gr. 0.83 gr. Capronsäure.
		—	10′	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Capronsäure	2	22.46	—	62	13.56	13.64	— 5.97	1.00	0.049	18.88	
		—	5.5′	—	—	—	—	—	—	—	
	3	20.8	—	56	14.94	14.50	+ 3.26	0.98	0.040	16.54	
		—	8	—	—	—	—	—	—	—	
	4	24.35	—	60	14.27	15.14	— 4.72	1.06	0.045	18.27	
II. Ohne	1	25.03	—	52	11.79	12.22	— 8.7	1.03	0.02	20.08	Kaninch. L. Kpg. 1375 gr. 0.54 gr. Caprons. in 3 Cc. Wasser.
		—	7.7′	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Capronsäure	2	49.9	—	46	12.09	12.45	— 7.59	1.04	0.02	19.27	
		—	6.5′	—	—	—	—	—	—	—	
	3	20.6	—	55	14.32	15.74	— 13.4	1.09	0.04	20.75	
		—	6	—	—	—	—	—	—	—	
	4	20.33	—	46	14.38	14.54	— 15.28	1.01	0.05	20.33	
III. Ohne	1	27.4	—	52	11.08	9.22	— 4.84	0.83	0.006	19.57	Kaninch. M. Kpg. 1550 gr. 0.54 gr. Caprons. in 3 Cc. Wasser.
		—	8.5	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Capronsäure	2	22.3	—	52	13.28	9.03	— 12.49	0.68	0.04	20.59	
		—	5	—	—	—	—	—	—	—	
	3	25.5	—	52	11.77	10.42	— 7.40	0.86	0.02	19.33	
		—	6	—	—	—	—	—	—	—	
	4	22.15	—	58	13.66	12.94	— 3.46	0.95	0.044	18.22	

Aus einer Discussion dieser Zahlen ergiebt sich ein ähnliches Resultat, wie wir es auch beim milchsauren Natron erhielten. Unmittelbar nach der Injection des Salzes wächst der Sauerstoffverbrauch und der höhere Werth erhält sich länger als eine Stunde, beziehungsweise so lange der Versuch dauerte. Aehnlich geschieht es mit der Kohlensäure; der Werth, um

welchen das nach der Injection vorhandene Minutenmittel über das vorher vorhanden gewesene steigt, ist jedoch geringer als beim Sauerstoff und es findet sich zudem ein Fall unter 9, in welchem nach der Injection kein Wachsthum des Kohlensäurewerthes eintrat. Um das Gesammtresultat der drei Versuche mit capronsaurem Natron in einem Blick übersehen zu lassen, stelle ich ihre Mittelwerthe hier zusammen.

Mittelwerth aus den Normalversuchen	Mittelwerth aus den capronsauren Versuchen	Unterschied der Mittelwerthe
O 11.85	14.43	2.58
CO_2 11.31	13.07	1.76

Vielleicht ist es nicht zufällig, dass hier der Quotient des Ueberschusses 0.68 ist, während wir ihn bei der Milchsäure gleich der Einheit fanden; alle übrigen Ableitungen, welche wir bei der Milchsäure zwischen der Menge des eingespritzten Stoffes und der dadurch erhöhten Respiration machten, gelten auch hier.

Nach allem diesem muss ich das capronsaure Natron unter die Stoffe zählen, von denen es höchst wahrscheinlich ist, dass sie nach ihrem Eintritt in das Blut der Verbrennung anheim fallen.

4. und 5. Essigsaures und ameisensaures Natron. Die Versuche mit diesen beiden Salzen geben, wie man aus dem Nachstehenden sieht, kein augenfälliges Resultat.

Die Mittelwerthe für die Essigsäure sind diese:

Mittelwerth aus den Normalversuchen	Mittelwerth aus den Essigsäure-Versuchen	Unterschiede der Mittelwerthe
O 12.53	12.27	— 0.26
CO_2 8.40	8.98	+ 0.58

für die Ameisensäure die folgenden:

Mittelwerth aus den Normalversuchen	Mittelwerth aus den Ameisensäure-Versuchen	Unterschiede der Mittelwerthe
O 18.41	18.66	0.15
CO_2 14.04	16.00	1.96

Versuche mit essigsaurem Natron.

Zusatz zum Blute		Dauer		In der Minute			N-Verbrauch (—) Ausscheidung (+)	$\frac{CO_2}{O}$	$\frac{N}{O}$	O%	
		des Versuchs	der Pause	Athemzüge	O	CO_2					
I. Ohne	1	20.16	—	44	14.66	8.97	— 5.72	0.61	0.019	20.28	Kan. P. 1650 gr. Kpg. 1.6 gr. Essigsäure in 5 Cc. Wasser.
		—	7	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Essigsäure.	2	20	—	34	14.72	9.68	— 5.16	0.65	0.017	20.18	
		—	5	—	—	—	—	—	—	—	
	3	22.55	—	36	13.09	9.47	— 5.02	0.72	0.017	20.11	
		—	5	—	—	—	—	—	—	—	
	4	22.83	—	32	12.99	9.90	— 4.11	0.76	0.013	19.87	
II. Ohne	1	28.6	—	40	10.40	7.84	— 3.12	0.75	0.010	19.56	Kan. P. 0.65 Essigsäure in 5 Cc. Wasser.
		—	9	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Essigsäure	2	25.3	—	32	11.84	8.13	+ 2.46	0.68	0.008	18.26	
		—	5	—	—	—	—	—	—	—	
	3	28	—	32	10.60	8.53	— 0.2	0.80	0.0007	18.78	
		—	7	—	—	—	—	—	—	—	
	4	28.6′	—	32	10.41	8.20	+ 0.4	0.78	0.004	18.73	

Versuche mit ameisensaurem Natron.

Zusatz zum Blute		Dauer des Versuchs	Dauer der Pause	In der Minute: Zahl der Athemzüge	In der Minute: O in Cc. bei 0° u. 1 M. Dr.	In der Minute: CO_2 in Cc, bei 0° und 1 M. Dr.	N-Verbrauch (—) Ausscheidung (+) während der ganzen Zeit des Versuchs	$\frac{CO_2}{O}$	$\frac{N}{O}$	% Gehalt an O in der Luft	Bemerkungen
I. Ohne	1	18.4	—	46	16.57	14.34	+ 0.54	0.86	+ 0.001	19.05	Kan. J. 1870 gr. Kpg. 0.97 gr. Ameisensäure in 2 Cc. Wasser.
		—	4	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Ameis.-säure	2	17.66	—	48	17.70	19.25	+ 8.96	1.08	+ 0.02	16.01	
		—	10	—	—	—	—	—	—	—	
	3	17.03	—	46	16.62	16.17	+ 4.54	0.97	+ 0.014	17.03	
		—	5	—	—	—	—	—	—	—	
	4	18.18	—	40	16.78	14.24	— 3.17	0.84	— 0.0103	18.98	
II. Ohne	1	14.06	—	50	20.26	13.75	— 10.26	0.63	0.03	19.44	Kan. J. 2190 gr. Kpg. 1.0 gr. Ameisensäure.
		—	9	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Ameis.-säure	2	16.73	—	50	17.41	14.61	— 10.80	0.84	0.02	19.82	
		—	5	—	—	—	—	—	—	—	
	3	14	—	46	21.02	13.97	— 3.98	0.66	0.01	18.21	
		—	3	—	—	—	—	—	—	—	
	4	13.40	—	46	22.45	17.80	— 1.13	0.79	0.003	17.03	

6. Benzoësaures Natron. Die beiden Versuche, welche ich mit diesem Salze anstellte, lieferten die nachstehenden Zahlen:

Zusatz zum Blute	Dauer des Versuchs	Dauer der Pause	In der Minute Athemzüge	In der Minute O	In der Minute CO_2	N-Verbrauch (—) Ausscheidung (+)	$\frac{CO_2}{O}$	$\frac{N}{O}$	$O^0/_0$	
I. Ohne 1	36.5	—	120	8.58	7.06	+ 7.09	0.82	0.02	16.42	Kan. R. 1220 gr. Kpg. 0.86 gr. Benzoësäure.
	—	8′	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Benzoësäure 2	34.8	—	104	8.66	9.06	— 3.23	1.04	0.016	19.32	
	—	4	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Benzoësäure 3	36.2	—	88	8.31	8.13	— 2.36	0.97	0.007	19.31	
II. Ohne 1	26.1	—	68	11.72	9.56	+ 11.6	0.81	0.03	9.10	Kan. S. 1.0 gr. Benzoë in 5 Cc. Wasser.
	—	8	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Benzoësäure 2	30.8	—	68	9.60	9.40	— 6.01	0.97	0.01	12.06	
	—	4	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Benzoësäure 3	34.7	—	60	9.25	8.27	— 7.10	0.89	0.02	12.36	
	—	6	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Benzoësäure 4	30.9	—	56	9.50	7.65	— 5.16	0.80	0.019	11.17	

Als Mittelwerthe gehen hieraus hervor:

	Mittelwerth aus den Normalversuchen	Mittelwerth aus den Benzoësäure-Versuchen
O	10.15	9.06
CO_2	8.31	8.50

Diese Resultate weisen unzweideutig darauf hin, dass die Benzoësäure weder eine Zerlegung erfahren, noch eine solche veranlasst hat. Das Ergebniss des Respirationsversuchs steht demnach in Uebereinstimmung mit der Erfahrung von ihrem leichten und raschen Uebergang in den Harn.

7. Glyzerin. Bei zwei Versuchen erhielt ich die folgenden Zahlen:

Zusatz zum Blute		Dauer		In der Minute			N-Verbrauch (—) Ausscheidung (+) während der ganzen Zeit	$\frac{CO_2}{O}$	$\frac{N}{O}$	% Gehalt an O	
		des Versuchs	der Pause	Athemzüge	O	CO_2					
I. Ohne	1	25.6	—	156	11.94	10.03	— 0.76	0.84	0.002	17.09	Kan. N. 1470 gr. Kpg. 1.9 gr. Glyzerin in 2 Cc. Wasser.
		—	5	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Glyzer.	2	21.4	—	86	14.16	12.01	— 3.79	0.84	0.01	17.86	
		—	6	—	—	—	—	—	—	—	
	3	18.2	—	76	16.57	13.53	— 3.55	0.81	0.04	18.17	
		—	5	—	—	—	—	—	—	—	
	4	17.9	—	76	16.92	14.15	— 2.4	0.83	0.007	17.81	
II. Ohne	1	26.5	—	58	11.15	6.80	— 6.47	0.60	— 0.02	18.99	Kan. M. 1560 gr. Kpg. 1.9 gr. Glyzerin.
		—	20′.50″	—	—	—	—	—	—	—	
Mit Glyzer.	2	26.5	—	50	11.05	7.71	— 10.85	0.69	— 0.03	20.39	
		—	7	—	—	—	—	—	—	—	
	3	24.5	—	50	11.87	8.55	— 9.41	0.72	— 0.03	19.98	
		—	9	—	—	—	—	—	—	—	
	4	23.7	—	44	12.57	8.94	— 2.71	0.71	— 0.009	18.15	

Die Mittelwerthe hieraus sind die nachstehenden:

	Mittelwerth aus den Normalversuchen	Mittelwerth aus dem Glycerin-Versuch	Unterschiede der Mittelwerthe
O	11.54	13.85	2.31
CO_2	8.41	10.81	2.40

Diese Ergebnisse sprechen sowohl quantitativ als qualitativ dafür, dass das Glyzerin, welches in das Blut eintritt, einer raschen Zerlegung entgegen geht.

ARBEITEN

AUS DER

PHYSIOLOGISCHEN ANSTALT ZU LEIPZIG

VIERTER JAHRGANG: 1869

MITGETHEILT

DURCH

C. LUDWIG.



MIT VIER TAFELN.

Abdruck aus dem XXI. Bande der Berichte der mathem.-phys. Classe
der K. S. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig.

LEIPZIG

BEI S. HIRZEL.

1870.

Zur Physiologie der Bauchspeichelabsonderung.

Von

Dr. N. O. Bernstein.

I. Absonderungsgeschwindigkeit des Bauchspeichels an permanenten Fisteln.

Das einzige Mittel, die Absonderung des Bauchspeichels, ihre Geschwindigkeit und ihre Abhängigkeit von verschiedenen Umständen zu erforschen, besteht in der Anlegung von Pankreasfisteln und zwar von permanenten Pankreasfisteln. Temporäre Fisteln sind zu diesem Zwecke nicht geeignet, erstens, weil die Beobachtungen nicht lange genug fortgesetzt werden können, und zweitens, weil die Versuchsthiere während der Beobachtungszeit sich noch nicht ganz von den Folgen der Operation erholt haben können. Die Einwände, welche *Cl. Bernard* gegen die permanenten Pankreasfisteln zu Gunsten der temporären macht, sind nicht stichhaltig. Nach ihm sollen nämlich permanente Fisteln ein verdünntes, in Folge der nach der Operation eingetretenen Degeneration der Bauchspeicheldrüse verändertes, mit Einem Worte ein pathologisches Sekret liefern, das nicht mehr alle Eigenschaften des normalen Bauchspeichels besitzt; die Absonderungsgeschwindigkeit dieses Sekrets soll im allgemeinen grösser, und von der Nahrungsaufnahme unabhängiger sein als im normalen Zustande.

Wären diese Einwürfe begründet, so müssten wir von vornherein auf die Möglichkeit verzichten, über die Absonderungsbedingungen des Bauchspeichels in's Klare zu kommen. Glücklicherweise ist es nicht schwer, diese Einwürfe zurückzuweisen. Das Pankreas von getödteten Fistelhunden unterscheidet sich dem Aussehn nach nicht vom Pankreas ganz normaler Hunde. Das aus der Fistel gewonnene Sekret besitzt alle Eigenschaften, die nach unsern jetzigen Begriffen dem normalen Bauchspeichel

zukommen. Es emulgirt nicht nur Fette und verwandelt sehr schnell Amylum in Zucker, sondern verdaut auch Eiweissstoffe. Ich habe mich von diesen Eigenschaften des aus permanenten Fisteln gewonnenen Bauchspeichels im Verlaufe der folgenden Untersuchung viele Male auf das unzweifelhafteste überzeugt, und werde darauf unten noch zurückkommen. Was die Abhängigkeit der Bauchspeichelabsonderung von der Nahrungsaufnahme betrifft, so ist dies eben eine Frage, deren Beantwortung ich mir zunächst zur Aufgabe stellte, und wir werden bald sehen, dass diese Abhängigkeit an permanenten Fisteln sehr deutlich zu Tage tritt.

Zur Anlegung permanenter Fisteln bei Hunden verfuhr ich nach folgender von *Weinmann* [1]) beschriebenen, von mir etwas abgeänderten Methode: Die Bauchhöhle wurde durch einen ungefähr zwei Centimeter langen Schnitt in der Linea alba in der Mitte zwischen Schwerdtfortsatz und Nabel eröffnet; durch diese Oeffnung wurde das Duodenum aufgesucht und mit dem daran befestigten Pankreaslappen hervorgezogen. Der enge Zwischenraum zwischen Darm und Drüse ist von zahlreichen Gefässen überbrückt, welche leicht bluten; der pankreatische Gang ist von dem stärksten und untersten Bündel solcher Gefässe bedeckt. Dieses Bündel wurde also bei Seite geschoben und darunter der Gang (an seiner blässeren Färbung und stärkeren Lumen von den Gefässen kenntlich,) aufgesucht, mit der Scheere angeschnitten, und in denselben ein Bleidrath so eingeführt, dass das eine Ende in den Darm reichte, das andere bis weit in die Drüse vorgeschoben wurde, der mittlere Theil zusammengedreht aus der Oeffnung des Ganges hervorragte. Der so eingelegte Drath konnte wegen seiner T-artigen Form weder herausschlüpfen noch sich im Gange verschieben, obgleich er das Lumen des letztern nicht ausfüllte und den Abfluss des Sekrets nicht hindern konnte. Drei in der Nähe des Ganges durch die Darmwand gezogene Fäden dienten, nachdem die Drüse und etwa vorgefallne Därme und Netz in die Bauchhöhle zurückgebracht waren, zur Befestigung des Darms an die Bauchwunde, worauf letztere durch einige Näthe geschlossen wurde, mit der Vorsicht, dass das zusammengedrehte Mittelstück des Draths frei in die Wunde hineinragte. — Obgleich die Operation an nicht nar-

1) Zeitschr. f. rat. Med. N. F. III. Bd.

kotisirten Thieren ausführbar ist und auch mehrere Male ausgeführt wurde, fand ich es doch im Laufe der Untersuchung für vortheilhafter, die Hunde durch Morphiuminjektion in eine Vene zu narkotisiren, da dadurch die höchst störenden Contractionen der Bauchpresse und sonstigen Bewegungen des Thieres vermieden werden und man mit mehr Ruhe arbeiten kann. — Was die Wahl der Thiere betrifft, so nahm ich vorzüglich kleine Hunde, da bei diesen der Zwölffingerdarm leichter von der Mittellinie aus zu erreichen ist, und bei der Fistelbildung weniger gezerrt und aus ihrer natürlichen Lage gebracht werden muss. — Der Hund durfte am Tage der Operation nichts gefressen haben, weil bei Hunden während der Verdauung Pankreas und Dünndarm sehr blutreich sind und die Verletzung selbst kleinerer Gefässe starke Blutungen veranlasst.

Vierundzwanzig Stunden nach der Operation wurden die Näthe entfernt, der Drath aber liegen gelassen, und einen oder zwei Tage später konnte bereits der aus der Fistel ausfliessende Saft aufgefangen werden. Zu diesem Zwecke wurde das Thier durch Riemen an einen horizontalen von der Zimmerdecke herabhängenden Stab so aufgehängt, dass es sich noch kaum auf einem darunter befindlichen Tische stützen konnte und sich also in einer halb stehenden, halb schwebenden Lage befand. Ein die Fistel umgebender Trichter, der in ein graduirtes Röhrchen mündete, diente zum Auffangen des Saftes, dessen Höhe im Röhrchen von 5 zu 5 oder von 10 zu 10 Minuten abgelesen wurde. Jeder Theilstrich der zwei von mir benutzten Röhrchen entsprach 0,18 resp. 0,2 Cub. Centim. und nur so viel konnte auch der grösste Fehler beim Ablesen betragen, welcher Fehler sich aber bei der nächsten Ablesung ausgleichen musste. Die aufgefangene Flüssigkeit wurde jedesmal auf ihre verdauenden Eigenschaften geprüft. Immer zeigte sie eine schnelle sacharificirende Wirkung auf Stärkekleister und fast immer verdaute sie Blutfaserstoff ohne den geringsten fauligen Geruch bei 40° C im Verlaufe von $^1/_2$—5 Stunden.

Bevor ich zur Anführung meiner Versuche übergehe, will ich noch darauf aufmerksam machen, dass man an Fistelhunden nie den gesammten in einer bestimmten Zeit abgesonderten Bauchspeichel erhält. Die Bauchspeicheldrüse des Hundes besitzt bekanntlich zwei Ausführungsgänge: einen obern engen, welcher an gleicher Stelle mit dem Gallengange in den Darm

mündet, also dem *Virsung*'schen Gange des Menschen entspricht, und einen untern weitern, der etwa zwei Centimeter tiefer unten in den Zwölffingerdarm einmündet. Beide Gänge communiciren mit einander, so dass eine in den einen Gang in der Richtung nach der Drüse eingespritzte Flüssigkeit durch den andern Gang in den Darm abfliesst. Da nur der untere Gang zur Anlegung einer Fistel benutzt werden kann, (der obere ist am todten Thiere mit Mühe, am lebenden wahrscheinlich gar nicht aufzufinden,) so kann ein gewisser Theil des abgesonderten Saftes in den Darm anstatt in die Fistel abfliessen. Wie gross dieser Theil ist, der für den Versuch verloren geht, lässt sich unmöglich bestimmen. Eine leichte Drehung oder Zerrung beim Anheften des Darms kann hinreichend sein, um im untern Gange einen sonst nicht existirenden Widerstand zu schaffen und dem obern Gange einen verhältnissmässig grössern Theil des abgesonderten Saftes zuzuführen. Wenn daher zwei anscheinend gleich operirte Theile ungleiche Mengen Safts liefern, so wird man daraus noch nicht den Schluss ziehen dürfen, dass sie auch ungleiche Mengen Saftes absondern. Es ist mir im Verlaufe meiner jetzigen Untersuchung mehrmals vorgekommen, dass Thiere nach einer sonst ganz gut gelungenen Operation überhaupt gar keinen Saft lieferten, obgleich sie sich ganz wohl befanden. Ich lege aus diesem Grunde auch keinen Werth auf die absoluten (stündlichen oder täglichen) Bauchspeichelmengen. Ich erinnere nur daran, dass die darüber vorhandenen Angaben verschiedner Autoren, soweit sie sich auf Hunde beziehen, zwischen 2,5 und 117 Grm. in 24 Stunden für 1 Kilogr. Körpergewicht schwanken. Meine Versuche würden wahrscheinlich zwischen diesen beiden Extremen stehende Mengen ergeben haben, womit weiter nichts als einige ganz bedeutungslose Zahlen gewonnen wären.

Anders verhält es sich mit den Schwankungen der Absonderung bei ein und demselben Thiere. Wenn auch nur ein Theil des gesammten Bauchspeichels durch die Fistel abfliesst, so werden die zeitlichen Schwankungen der Absonderungsgeschwindigkeit sich auch an diesem Theile bemerkbar machen müssen. Dass dem wirklich so ist, beweisen die regelmässigen Schwankungen in der Menge des zu verschiedenen Zeiten und unter verschiedenen Umständen von denselben Fistelthieren gewonnenen Bauchspeichels.

Diese regelmässigen Schwankungen stehen in direktem Zusammenhange mit der Nahrungsaufnahme. Die Thatsache ist nicht neu, und alle Forscher welche die Bauchspeichelabsonderung untersucht haben, heben hervor, dass dieselbe während der Verdauung gesteigert ist. Aber es ist meines Wissens bis jetzt nicht versucht worden festzustellen, wie sich die Absonderungsgeschwindigkeit des Bauchspeichels zu den verschiedenen Stadien der Verdauung verhält. Folgende an 6 Versuchsthieren gewonnene Zahlen geben darüber Aufschluss:

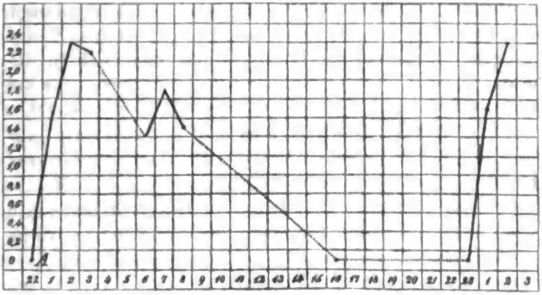
Versuchsthier.	Tag nach der Operation.	Stunde nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesonderte Menge Cub. Centm.[1]	Bemerkungen.
I.	5.	24.	0	
	»	1.	1,4	
	9.	15.	0	
	»	1.	2,2	
	»	4.	2,3	
II.	7.	15.	0,33	
	»	1.	1,6	
	»	5.	2,6	
	»	6.	3,0	
III. 6600 Grm.	3.	20.	0	
	»	1.	0,6	
	»	6.	0,5	Der Hund ist am folgenden Tage zu einem andern Versuche benutzt worden, von dem weiter unten die Rede ist.
	4.	22.	0	
	»	1.	1,5	
	»	2.	2,0	
	5.	20.	0	
IV. 5900 Grm.	5.	20.	0	
	»	1.	2,1	
	»	2.	3,0	
	»	3.	3,6	
	»	4.	5,2	
	6.	22.	0	
	»	1.	5,4	
	7.	21.	0,4	Der Hund wird zu einem weiteren Versuche benutzt.
	»	1.	5,7	

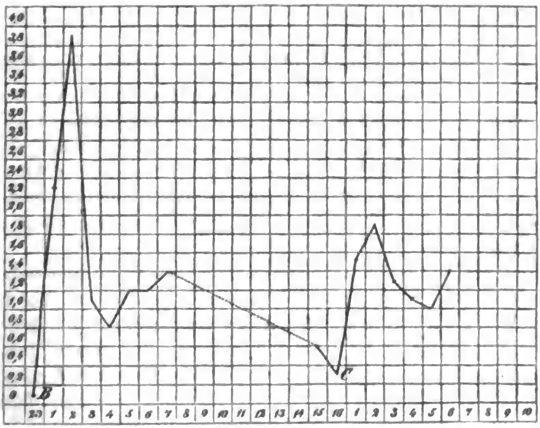
1) Die hier angegebenen Mengen sind aus grosseren wahrend $\frac{1}{2}$—1 Stunde gewonnenen Mengen berechnet.

Versuchs-thier.	Tag nach der Operation.	Stunde nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesonderte Menge Cub. Centim.	Bemerkungen.
V.	3.	22.	0	Fig. 1 *A*.
	»	1.	1,5	
	»	2.	2,3	
	»	3.	2,2	
	»	6.	1,3	
	»	7.	1,8	
	»	8.	1,4	
	4.	23.	0	Der Hund wird zu weiteren Versuchen benutzt.
	»	1.	1,6	
	»	2.	2,3	
VI. 6000 Grm	5.	23.	0	Beobacht. ununterbrochen während acht Stunden.
	»	1.	2,2	
	»	2.	3,8	Fig. 1 *B*.
	»	3.	1,0	
	»	4.	0,7	
	»	5.	1,1	
	»	6.	1,1	
	»	7.	1,3	
	6.	15.	0,5	Ununterbrochene achtstündige Beobachtung.
	»	16.	0,2	
	»	1.	1,4	Fig. 1 *C*.
	»	2.	1,8	
	»	3.	1,2	
	»	4.	1,0	
	»	5.	0,9	
	»	6.	1,3	

Aus den angeführten Zahlen ist gleich auf den ersten Blick ersichtlich, dass die Absonderung des Bauchspeichels, welche beim hungernden Thiere gleich oder fast Null ist, schon in der ersten Stunde nach der Nahrungsaufnahme eine bedeutende Höhe, in der zweiten oder dritten Stunde aber ihr Maximum erreicht, dann fällt, in der 5—7ten Stunde wieder etwas aufsteigt, um von da bis etwa gegen die 15te Stunde wieder auf Null herabzusinken.

Dieses Ergebniss ist in Fig. 1 graphisch dargestellt in Form von Curven, auf deren Abscissenaxe die Zeit nach der Nahrungsaufnahme aufgetragen ist, während die Ordinaten die entsprechenden Absonderungsgeschwindigkeiten (auf 10 Minuten berechnet) darstellen. Als Grundlage zur Curve *A* dienen die am Versuchsthier V, zu den Curven *B* und *C* die vom Thier VI gewonnenen Zahlen.





Ich brauche nicht erst auf die auffallende Aehnlichkeit dieser drei Curven aufmerksam zu machen, aus welcher hervorgeht, dass wir es hier nicht etwa mit zufälligen, unregelmässigen, sondern mit gesetz- und regelmässigen Schwankungen zu thun haben. Dafür sprechen auch die übrigen von den Thieren I—IV erhaltenen und in der obigen Tabelle mitgetheilten Zahlen.

Die Ermüdung der stundenlang im Schwebeapparat aufgestellten Versuchsthiere und die heranbrechende Nacht verhinderten mich leider die Beobachtungen über die achte Stunde nach der Fütterung hinaus auszudehnen. Da ich 15 Stunden nach der Nahrungsaufnahme immer nur ganz unbedeutende

Mengen Bauchspeichels erhielt, so glaube ich annehmen zu können, dass die Absonderung von der 9ten — 15ten Stunde in fortwährendem Sinken begriffen ist, und habe auch in diesem Sinne die Curven (durch punktirte Linien) ergänzt. Es kommt übrigens nicht viel darauf an, ob dieser Curvenabschnitt mehr oder weniger steil abfällt, da es sich hauptsächlich um die Constatirung der Thatsache handelt, dass die Bauchspeichelabsonderung bei einigermassen auseinandergerückten Mahlzeiten fast oder ganz aufhört. Da aber gewöhnlich die Mahlzeiten nicht mehr als acht bis zehn Stunden auseinander liegen, so ist die Bauchspeichelsecretion im normalen Zustande als eine beständige mit jeder Mahlzeit steigende und in den Intervallen wieder abnehmende zu betrachten.

II. Einfluss der Nerven auf die Pankreasabsonderung.

Die oben constatirten regelmässigen Schwankungen in der Geschwindigkeit der Bauchspeichelabsonderung können kaum anders als auf reflektorischen Vorgängen beruhend aufgefasst werden. Man kann sich diesen Reflex als Anregung der Absonderungsthätigkeit oder als Aufhebung einer Hemmung denken, der Anstoss dazu ist durch die Reizung gewisser Stellen des Verdauungsapparats gegeben.

Den ersten und wirksamsten Anstoss zur Bauchspeichelabsonderung giebt der Eintritt der Speisen in den Magen. Dies beweist der jähe Aufschwung der Absonderungscurve gleich nach der Nahrungsaufnahme. Kaum ist der erste Bissen hinuntergeschluckt, so fangen die Tropfen aus der Fistel rasch aufeinander zu folgen an. Während der ersten Zeit der Magenverdauung dauert dieses Ansteigen der Absonderung ununterbrochen fort. Bald aber hat sich die Magenschleimhaut an den Reiz der Speisen gewöhnt, letztere fangen an den Magen zu verlassen, und die Bauchspeichelabsonderung fängt wieder zu sinken an.

Die zweite weniger steile Erhebung der Absonderungscurve fällt in die 6te — 7te Stunde nach der Nahrungsaufnahme, d. h. in eine Zeit, wo die Magenverdauung bereits vollendet und die Speisen in den Dünndarm übergegangen sind. Der Uebergang der Speisen in den Dünndarm erfolgt zwar nicht mit einem Male, aber jedenfalls zu Ende der Magenverdauung viel schneller als zu Anfang derselben; der Pförtner lässt schliesslich auch solche gröbere und unverdaute Speisereste passiren, welchen er

anfangs den Durchgang verweigerte. Durch diese wird nun ein stärkerer Reiz auf die Dünndarmschleimhaut geübt, und dieser Reiz giebt den Anstoss zur zweiten Erhebung der Absonderungsgeschwindigkeit des Bauchspeichels.

Abgesehn von den durch die Nahrungsaufnahme bedingten regelmässigen Schwankungen machen sich in der Absonderung des Bauchspeichels noch andere, vorübergehende und unregelmässige Schwankungen bemerkbar, deren Ursachen meistentheils unbekannt sind. Bestimmt man die Mengen des abgesonderten Saftes von fünf zu fünf oder von zehn zu zehn Minuten, so findet man, dass diese Mengen in zwei solchen aufeinanderfolgenden Zeiteinheiten keineswegs immer gleich sind, sondern oft beträchtlich differiren. Folgende verschiedenen Versuchsthieren entnommene Zahlenreihen geben einen Begriff von diesen Schwankungen:

VI.

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. Cub. Centim.	Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. Cub. Centim.
0—10 Min.	0,4	200—210 Min.	0,5
10—20 »	0,5	210—220 »	0,5
20—30 »	0,9	220—230 »	1,3
30—40 »	2,5	230—240 »	0,8
40—50 »	3,3	240—250 »	0,5
50—60 »	5,6	250—260 »	0,6
60—70 »	5,3	260—270 »	1,5
70—80 »	4,9	270—280 »	1,1
80—90 »	3,8	280—290 »	1,7
90—100 »	3,2	290—300 »	1,1
100—110 »	2,7	300—310 »	1,2
110—120 »	2,7	310—320 »	1,6
120—130 »	2,0	320—330 »	1,0
130—140 »	1,5	330—340 »	1,3
140—150 »	1,5	340—350 »	1,2
150—160 »	0,4	350—360 »	0,6
160—170 »	0,4	360—370 »	1,4
170—180 »	0,2	370—380 »	1,0
180—190 »	0,5	380—390 »	1,5
190—200 »	0,6	390—400 »	1,5

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. Cub. Centim.	Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. Cub. Centim.
0—10 Min.	0,7	40—50 Min.	1,1
10—20 »	1,6	50—60 »	1,5
20—30 »	1,7	60—70 »	1,2
30—40 »	1,7	70—80 »	0,6

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. Cub. Centim.	Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. Cub. Centim.
80—90 Min.	1,6	200—210 Min.	0,8
90—100 »	2,2	210—220 »	1,3
100—110 »	2,1	220—230 »	1,9
110—120 »	2,9	230—240 »	0,4
120—130 »	1,2	240—250 »	0,4
130—140 »	1,2	250—260 »	0,4
140—150 »	1,3	260—270 »	0,8
150—160 »	1,1	270—280 »	1,0
160—170 »	1,1	280—290 »	1,0
170—180 »	1,4	290—300 »	1,6
180—190 »	0,9	300—310 »	1,2
190—200 »	0,6	310—320 »	1,4

V.

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. Cub. Centim.
40—50 Min.	1,4
50—60 »	1,6
60—70 »	1,8
70—80 »	2,0
80—90 »	2,8
90—100 »	2,2
100—110 »	2,6
110—120 »	2,6
120—130 »	2,2
130—140 »	2,2
140—150 »	2,4
150—160 »	2,0
160—170 »	2,2
170—180 »	2,0
330—340 »	1,2
340—350 »	1,6
350—360 »	1,2
360—370 »	2,4
370—380 »	1,8
380—390 »	2,0
390—400 »	1,6
400—410 »	1,2
410—420 »	1,6
420—430 »	1,6
430—440 »	1,2

IV.

Zeit nach der Fütterung.	In 5 Min. Cub. Centim.
5—10 Min.	0,4
10—15 »	0,6
15—20 »	0,6
20—25 »	1,0
25—30 »	2,8
30—35 »	1,6
35—40 »	1,6
40—45 »	2,0
45—50 »	2,6
245—250 »	1,0
250—255 »	1,4
255—260 »	1,4
260—265 »	2,2
265—270 »	1,8
270—275 »	2,6
275—280 »	2,4
280—285 »	2,4
285—290 »	3,0
290—295 »	1,8
295—300 »	1,8
300—305 »	3,8
305—310 »	2,8

III.

Zeit nach der Fütterung.	In 5 Min. Cub. Centim.
35—40 Min.	0,6
40—45 »	0,4
45—50 »	0,8
50—55 »	1,0
55—60 »	1,0
60—65 »	0,6
65—70 »	0,6
70—75 »	1,0
75—80 »	0,8
80—85 »	0,8
85—90 »	0,6
90—95 »	0,6

Ich habe diese Beobachtungen darum so detaillirt angestellt und angeführt, weil es hier darauf ankommt, die selbstständigen Schwankungen in der Absonderungsgeschwindigkeit von den durch künstliche Einflüsse hervorgerufenen zu unterscheiden. Wie aus der Tabelle ersichtlich, sind diese selbstständigen Schwankungen nie so bedeutend, dass die Absonderungsgeschwindigkeit während der Verdauungsperiode auf Null oder nahe auf Null herabsinke. Von dieser Regel habe ich bis jetzt nur eine Ausnahme kennen gelernt. Die Absonderung steht nämlich beim Eintritte von Erbrechen ganz oder fast ganz still. Diese Thatsache ist bereits von *Weinmann* und *Cl. Bernard* constatirt und ich hebe sie hier nur darum besonders hervor, weil sie zum Ausgangspunkte der folgenden Versuche über den Einfluss der Nerven auf die Bauchspeichelabsonderung diente.

Der Fistelhund I bot mir die Gelegenheit den Einfluss des spontanen Erbrechens auf die Bauchspeichelabsonderung zu constatiren. Am 5. Tage nach der Operation hatte er nach vierundzwanzigstündigem Fasten eine ziemliche Menge rohen Fleisches gefressen, worauf er, in den Hängeapparat gebracht, folgende Mengen Saftes lieferte:

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesonderte Cub. Centim.	Bemerkungen.
30 Min.	0,8	
40 »	1,4	
50 »	1,4	
60 »	1,4	

Zeit nach der Fütte-rung.	In 10 Min. abgesonderte Cub. Centim.	Bemerkungen.
70 Min.	0,9	Brechbewegungen.
80 »	1,2	
90 »	0,7	
100 »	1,1	
110 »	1,0	
120 »	0,4	Erbrechen.
130 »	0,7	
140 »	0,1	Erbrechen.
150 »	0,4	
160 »	0,4	
170 »	0,2	Erbrechen.
180 »	0,4	
190 »	0,2	
200 »	0,4	
210 »	0,9	

Es ist aus diesen Zahlen ersichtlich: 1) dass schon die Brechneigung (Uebelkeiten) die Bauchspeichelabsonderung verlangsamt, selbst wenn das Erbrechen erst viel später eintritt; 2) dass die Absonderung während des Erbrechens fast ganz still steht; 3) dass die Verlangsamung der Secretion noch einige Zeit nach dem Erbrechen anhält.

An eine mechanische Erklärung dieser Wirkung des Erbrechens ist schon darum nicht zu denken, weil die Verlangsamung der Bauchspeichelabsonderung sich nicht blos auf den Moment des Erbrechens beschränkt, sondern früher anfängt und einige Zeit darüber hinausdauert; ganz abgesehn davon, dass man vom Druck der Bauchpresse beim Erbrechen gerade die entgegengesetzte mechanische Wirkung erwarten dürfte. Die Thatsache deutet also auf einen noch nicht näher bekannten Nerveneinfluss und es liegt nah, vor allem an denjenigen Nerven zu denken, dessen Reizung das Erbrechen zur Folge hat, — nämlich an den Vagus.

Es frägt sich also, ob nicht dieselbe Reizung des Vagus welche Erbrechen hervorruft, auch eine Hemmung der Pankreassecretion bewirkt. Diese Frage wird durch die nun zu beschreibenden Versuche bejaht.

Zu diesen Versuchen wählte ich Fistelhunde, die seit einigen Tagen operirt von den Folgen der Operation sich vollständig erholt hatten, so dass die Absonderung im besten Gange

war. Nachdem ich mich an diesen Thieren von dem Einflusse der Nahrungsaufnahme überzeugt hatte, legte ich während der Verdauung einen Vagus blos, und beobachtete dann die Absonderungsgeschwindigkeit ohne und während der künstlichen Reizung des blosgelegten Nerven. Zu den Versuchen dienten die schon oben angeführten Fistelhunde III, IV und V.

1) Fistelhund IV. Am 6. Tage nach der Operation, nach 22stündigem Hungern ist die Absonderung fast 0. In den ersten zwanzig Minuten nach der Fütterung erreicht sie die bedeutende Höhe von 5,4 Cub. Centim. in 10 Minuten. Drei Stunden darauf, während die Absonderung noch ziemlich bedeutend ist, wird der linke Vagus aufgesucht und abgeschnürt. Nach dieser Operation ist im Verlaufe einer halben Stunde kein Tropfen Saft aus der Fistel zu gewinnen.

7. Tag. 18te Stunde nach der Abschnürung des Vagus:

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesondert.	Bemerkungen.
22 St. —	0,4 C. Cm.	
10 Min.	0,4 »	
20 »	0,4 »	
30 »	0,6 »	Fütterung.
40 »	6,0 »	
50 »	5,4 »	
60 »	0,0 »	Reizung des centralen Vagusstumpfes, Brechbeweg.
70 »	0,0 »	

Erst zwanzig Minuten nach der Vagusreizung kommt die Absonderung wieder zum Vorschein, anfangs langsam aber allmälig steigend, so dass sie 3 Stunden nach dem Versuche wieder die Höhe von 3 Cub. Centim. in 10 Min. erreicht hatte.

2) Fistelhund V. Vierter Tag nach der Fisteloperation:

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesondert.	Bemerkungen.
28 St. —	0 C. Cm.	Fütterung.
40 Min.	1,2 »	
50 »	2,0 »	
60 »	2,0 »	
70 »	2,8 »	

Als dann der rechte Vagus blosgelegt und abgeschnürt wird, steht die Absonderung ganz still, kommt aber nach einer halben Stunde wieder zum Vorschein und ist nach Verlauf einer Stunde so weit wieder hergestellt, dass sie gemessen werden kann, und zwar:

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesondert.	Bemerkungen.
130 Min.	0,6 C. Cm.	
140 »	0,6 »	
150 »	0,6 »	
160 »	1,0 »	
170 »	0,8 »	

5. Tag:

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesondert.	Bemerkungen.
16 St. —	0,0 C. Cm.	Fütterung.
30 Min.	1,6 »	
40 »	1,4 »	
50 »	1,2 »	
60 »	1,2 »	
70 »	1,2 »	
80 »	1,2 »	

Der gestern abgeschnürte rechte Vagus wird oberhalb der Unterbindungsstelle durchschnitten und der linke Vagus blosgelegt; bald darauf die Absonderung beobachtet:

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesondert.	Bemerkungen.
130 Min.	0,4 C. Cm.	
140 »	0,4 »	
150 »	1,6 »	
160 »	1,2 »	
170 »	1,4 »	Reizung des linken Vagus.
180 »	0,0 »	
190 »	0,0 »	

Die Absonderung kehrt nicht wieder und das Thier wird am nächsten Tage todt gefunden.

3) Fistelhund III. Fünfter Tag nach der Operation:

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesondert.	Bemerkungen.
20 St. —	0,0 C. Cm.	Fütterung.
30 Min.	1,0 »	
40 »	1,8 »	
50 »	1,6 »	
60 »	1,6 »	
70 »	1,6 »	
80 »	1,2 »	

Es wird auf der rechten Seite des Halses der Vagus aufgesucht, derselbe aber noch nicht blosgelegt. Die Absonderung verhält sich darauf, wie folgt:

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesondert.	Bemerkungen.
130 Min.	1,4 C. Cm.	
140 »	1,0 »	Der Vagus wird isolirt und durchschnitten.
150 »	1,2 »	
180 »	0,6 »	
190 »	0,6 »	
200 »	0,4 »	
210 »	0,4 »	Während dieser 20 Min. wird der periphérische Vagusstumpf wiederholt bis Eintritt von Herzstillstand gereizt.
220 »	0,4 »	

6. Tag:

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesondert.	Bemerkungen.
15 St. —	0,0 C. Cm.	
30 Min.	2,0 »	
40 »	1,6 »	
50 »	2,0 »	
60 »	1,6 »	

Der centrale Stumpf des gestern durchschnittenen Vagus wird isolirt.

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Min. abgesondert.	Bemerkungen.
110 Min.	0,8 C. Cm.	
120 »	0,8 »	
130 »	0,8 »	
140 »	0,0 »	Reizung des centr. Vagusstumpfes bis Erbrechen eintritt.
150 »	0,4 »	
160 »	0,6 »	

Diese Versuche ergeben übereinstimmend das Resultat, dass die centripetale Reizung des Vagus eine hemmende Wirkung auf die Bauchspeichelsecretion ausübt; diese Hemmung ist eine vollkommne und beschränkt sich nicht auf die Zeit der Reizung. Centripetale Reizung, so wie Durchschneidung eines Vagus, übt keinen bemerkbaren Einfluss auf die Pankreassecretion. (Die bald nach der Durchschneidung oder Abschnürung des Nerven eintretende Verlangsamung der Secretion ist keine bleibende und erklärt sich durch die bei der Isolirung des Nerven nicht zu vermeidende mechanische Reizung.)

Es ist höchst wahrscheinlich, dass der Secretionsstillstand während des Erbrechens und die nach künstlicher Reizung des Vagus eintretende Secretionshemmung auf ein und demselben (durch das Rückenmark und den Sympathicus bedingten) reflectorischen Vorgange beruht. Im ersten Falle geht die Erregung des Vagus von seinen peripherischen Endigungen in der Magenschleimhaut aus.

Andererseits steht es fest, dass Reizung der Magenschleimhaut (durch eingebrachte Speisen etc.) die Secretion des Bauchspeichels anregt. Es machen sich also vom Magen aus zwei einander gerade entgegengesetzte Einflüsse auf die Thätigkeit der Bauchspeicheldrüse geltend: ein secretionsanregender und ein secretionshemmender. Man wird darin keinen Widerspruch finden, dass die Reizung der Magenschleimhaut in dem einen Falle eine, in dem andern die entgegengesetzte Wirkung zur Folge hat, wenn man bedenkt, dass ja auch nicht jeder die Magenschleimhaut treffende Reiz Erbrechen hervorruft und dass nur

ein gewisser Theil der Magenschleimhaut mit dieser Reaction behaftet ist. Man kann sich u. A. denken, dass die Vagusfasern, deren Erregung secretionshemmend wirkt, der Pars cardiaca angehören, welche ja auch in besonderer Beziehung zum Erbrechen steht, während die übrige Magenschleimhaut oder irgend ein Theil derselben Fasern besitzt deren Erregung, ebenfalls reflectorisch, die Bauchspeichelsecretion anregt.

Jedenfalls wird man sich die Bauchspeichelsecretion als unter dem Einflusse zweierlei Nervenfasern denken müssen, anregender und hemmender. Es schien daher geboten, die Nervenfasern, welche sich zum Pankreas begeben, direkt auf ihre Wirkungen zu prüfen. Ich musste aber von direkten Reizversuchen abstehn, weil schon die blosse Eröffnung der Bauchhöhle einen fast vollständigen Stillstand der Pankreassecretion zur Folge hat. Ich musste mich daher auf die sogleich anzuführenden Durchschneidungsversuche beschränken.

Die Nerven der Bauchspeicheldrüse begleiten ausschliesslich die Arterien. Weder mit den Venen, noch mit den Ausführungsgängen habe ich irgend welche Nervenästchen in die Drüse eindringen sehen. Entsprechend der Theilung des Hundepankreas in einen transversalen (der kleinen Curvatur entlang bis an die Milz reichenden) und einen longitudinalen (dem Zwölffingerdarm entlang gelegenen) Lappen, theilt sich auch die Arterie, ein Ast der Pankreatico-Duodenalis, in einen obern und untern Zweig, welche sich dann in der Drüse weiter verzweigen. Die Nervenästchen halten sich auch im Innern der Drüse an die Verzweigungen der Arterien und enthalten häufig eingestreute mikroskopische Ganglienhaufen. Grössere, mit blossem Auge wahrnehmbare Ganglien habe ich an ihnen blos ausserhalb der Drüse gefunden. Hier stehen die Nerven welche sich zum Pankreas begeben mit dem Plexus hepaticus und gastricus in Verbindung und lassen sich leicht durch den Plexus coeliacus hindurch bis an die Splanchnici und Vagi verfolgen.

Ausser den Hauptdrüsenarterien treten noch einige kleinere Arterienästchen in das linke Ende des transversalen und in das hintere Ende des longitudinalen Lappen, ebenfalls in Begleitung von Nervenästchen.

Bei diesen anatomischen Verhältnissen ist an die Durchschneidung sämmtlicher Drüsennerven nicht zu denken. Ebensowenig aber wird man an die isolirte Durchschneidung einzelner Nerven-

stämmchen denken, da dieselben anatomisch nicht isolirt sind, sondern häufig mit einander Verbindungen eingehen und gewissermassen Geflechte um die sie begleitenden Arterien bilden. Ich musste mich also bescheiden, die die Hauptarterie begleitenden Nerven *en masse* zu durchschneiden und die Folgen dieser Durchschneidung auf die Bauchspeichelabsonderung zu beobachten.

Die Operation wurde auf folgende Weise ausgeführt. Der Schnitt wurde ganz wie zur Anlegung einer gewöhnlichen Bauchspeichelfistel in der Mittellinie des Bauches geführt. Durch die Wunde wurde der Zwölffingerdarm hervorgeholt, mit möglicher Vermeidung von Druck und Zerrung des Pankreas bis etwas über die Einmündung des Gallenganges hervorgezogen und durch eine provisorische Ligatur an den Wundrand befestigt. Die Pankreasarterie ist hier zwischen der Drüse und dem Darm nicht schwer zu finden. Schwieriger ist es, wegen der kaum zu vermeidenden Gefässverletzungen und Blutungen, die Nervenfäden aufzufinden, welche in mehreren Bündeln die Arterie umgeben. Diese Bündel wurden einzeln durchschnitten oder durchrissen und schliesslich nach der oben angegebenen Methode eine Fistel angelegt. Die ganze Operation nahm $\frac{1}{2}$—1 Stunde in Anspruch. [1])

Von zehn auf diese Weise operirten Thieren erlagen vier in den ersten drei Tagen den unmittelbaren Folgen der Operation. Von den übrigen 6 konnten 5 zur Beobachtung der Bauchspeichelsecretion benutzt werden, während einer wegen zu geringer Absonderung für die Beobachtung untauglich war. Ich hebe dies hier hervor, weil von den mit einfachen Fisteln (ohne Nervendurchschneidung) operirten Hunden fast die Hälfte wegen zu geringer Absonderung nicht benutzt werden konnte.

Ich gehe nun zur Beschreibung der betreffenden Versuche über:

VII. Einem 5550 Grm. wiegenden Hunde werden in der Morphiumnarkose die die Pankreasarterie begleitenden Nerven durchschnitten und eine Fistel angelegt. Der Hund ist schon

1) Es ist selbstverständlich, dass ich mich in allen Fällen durch die Obduction von der wirklichen mehr oder weniger vollständigen Durchschneidung der Nerven zu überzeugen suchte. Die Untersuchung geschah mit der grössten Vorsicht unter Salz- oder Zuckerlösung.

am nächsten Tage ziemlich munter, am dritten Tage nach der Operation verzehrt er mit Appetit vorgesetztes Fleisch; am vierten Tage kann er behufs der Beobachtung im Hängeapparat aufgestellt werden.

Tag nach der Operation.	Stunde nach der Fütterung.	Gewonnener Saft im Mittel auf 10 Min. berechnet.	Bemerkungen.
4.	16. St.	0,7 C.Cm.	Faserstoff wird vom Safte nicht verdaut.
»	17. »	0.4 »	Faserstoff wird vom Safte nicht verdaut.
	Fütter.		
»	1. »	0,7 »	Faserstoff wird nicht verdaut.
»	2. »	0,3 »	Faserstoff wird nicht verdaut.
»	5. »	1,6 »	Der Saft verdaut Faserstoff in $3^1/_2$ St.
	Fütter.		
»	1. »	1,6 »	Faserstoff wird in 5 St. verdaut.
5.	19. »	0,5 »	Faserstoff wird in 5 St. verdaut.
»	1. »	0,9 »	Faserstoff in 3 St. verdaut.
»	2. »	2,2 »	Faserstoff in 4 St. verdaut.
»	4. »	1,4 »	Faserstoff in 4 St. verdaut.
»	5. »	0,8 »	Faserstoff in 4 St. verdaut.
»	6. »	0,6 »	Faserstoff in 4 St. verdaut.
	Fütter.		
»	1. »	1,7 »	Faserstoff in 4 St. verdaut.

Der Hund wird zu weitern Versuchen benutzt. Bei der Obduction stellt sich heraus, dass nicht alle Nerven durchschnitten waren.

VIII. Einem 10500 Grm. wiegenden Hunde wird ohne vorhergehende Narkotisation eine Pankreasfistel angelegt und dabei die die Pankreasarterie begleitenden Nerven durchschnitten. Das Thier giebt bei der Zerrung der Nerven deutliche Schmerzensäusserungen. Nach der Durchschneidung der Nerven erscheint das Pankreas stark geröthet und deutlich ödematös. Das Thier hat sich am vierten Tage vollständig erholt, frisst Fleisch und Milch, sondert aber noch wenig ab.

5. Tag. Obgleich der Hund seit sechszehn Stunden nichts gefressen hat, ist er ganz von Saft triefend. In den Hängeapparat gebracht, giebt er folgende Mengen Safts: [1])

1) Ich bringe hier die detaillirten Zahlen von 10 zu 10 Minuten, als Beleg dafür, dass die spontanen Schwankungen eben so bedeutend waren,

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Minuten abgesondert.	Bemerkungen.
16 St. — M.	4,5 C.Cm.	Im Mittel in 10 Min. = 4,3 C.Cm. Der Saft verdaut Faserstoff in 3 Stund.
» » 10 »	4,5 »	
» » 20 »	4,5 »	
» » 30 »	3,6 »	
» » 40 »	4,3 »	
Der Hund wird gefüttert. Drei Stunden darauf:		
3 St. — M.	6,2 C.Cm.	Im Mittel in 10 Min. = 5,6 C.Cm. Der Saft verdaut Faserstoff in 4 Stund.
» » 10 »	5,6 »	
» » 20 »	5,2 »	
» » 30 »	5,4 »	
6. Tag. Der Hund hungert 17 Stunden. Absonderung:		
17 St. — M.	6,2 C.Cm.	Im Mittel in 10 Min. = 5,3 C.Cm. Der Saft verdaut Faserstoff in 3 Stund.
» » 10 »	4,8 »	
» » 20 »	5,0 »	
Eine Stunde darauf.		
18 St. — M.	5,4 C.Cm.	Im Mittel in 10 Min. = 4,5 C.Cm.
» » 10 »	3,6 »	

Der Hund wird zu weitern Versuchen verwendet. — Bei der vier Tage darauf vorgenommenen Obduction hatte der Hund 2300 Grm., also über ein Fünftel seines Körpergewichtes an Gewicht verloren. In der Bauchhöhle keine Abscesse, das Pankreas geröthet und weich. Die Nerven an der Arterie sind alle mit Ausnahme eines einzigen Fädchens durchschnitten.

IX. Einem 9000 Grm. schweren Hunde werden ohne vorhergehende Narkotisation die die Pankreasarterie begleitenden Nerven durchschnitten und eine Pankreasfistel angelegt. Wegen Blutung müssen einige Gefässe unterbunden und die Ligaturen in der Bauchhöhle zurückgelassen werden. Das Pankreas, das vor der Operation blass gewesen war, erscheint vor Beendigung der Operation stark geröthet. Das Thier hat sich am dritten Tage schon ziemlich erholt und kann vom folgenden Tage ab beobachtet werden.

---

wie bei den unten anzuführenden am selben Thiere gemachten Reizversuchen.

Tag nach der Operation.	Stunde nach der Fütterung.	Gewonnener Saft im Mittel auf 10 Min. berechnet.	Bemerkungen.
4.	1.	0,8	
»	2.	1,0	
»	3.	1,3	
»	5.	1,5	
5.	15.	1,2	
	Fütter.		
»	1.	0,6	
6.	2.	6,5	
»	3.	2,8	

Der am 6. Tage gewonnene Saft ist etwas röthlich gefärbt. Am nächsten Tage ist das aus der Fistel kommende Sekret ganz blutig, der Hund ist matt und frisst nichts. Er wird umgebracht. Die Nerven sind alle durchschnitten mit Ausnahme eines dem transversalen Lappen zugehörigen Fädchens. Zwischen Leber, Pankreas und Zwölffingerdarm befinden sich drei Eiterheerde, von denen einer ganz nahe an der Fistelöffnung, aber nicht mit derselben communicirend.

X. Einem 6 Kilogramm wiegenden seit zwanzig Stunden fastenden Hunde werden ohne vorhergegangene Narkotisation die die Pankreasarterie begleitenden Nerven durchschnitten und eine Fistel angelegt. Die bei Eröffnung der Leibeshöhle blasse Drüse röthet sich während der Operation und wird ödematös. Zwei Gefässligaturen werden in der Bauchhöhle zurückgelassen.

Einen Tag nach der Operation zeigt sich ein Theil der Drüse aus der Wunde vorgefallen und kann nicht wieder zurückgebracht werden. Das Thier befindet sich aber wohl und kann schon am nächsten Tage zu Beobachtungen benutzt werden:

Tag nach der Operation.	Stunde nach der Fütterung.	Gewonnener Saft auf 10 Min. berechnet.	Bemerkungen.
3.	15.	1,3 C.Cm.	Der Saft verdaut keinen Faserstoff.
4.	15.	2,0 »	Der Saft verdaut Faserstoff in 2 St.
	Fütter.		
»	1.	1,4 »	Der Saft verdaut Faserstoff in $^1/_2$ St.
5.	20.	2,5 »	Der Saft verdaut Faserstoff in 1 St.
»	1.	0,9* »	Der Saft verdaut Faserstoff in 1 St.
6.	17.	1,1 »	Der Saft verdaut Faserstoff in 2 St.

Der Hund frisst nichts, ist sehr matt und abgemagert und wird den Tag darauf todt gefunden. Bei der Obduction erscheint die Drüse geröthet, in der Nähe derselben ein kleiner Eiterheerd. Die Nerven scheinen alle durchschnitten zu sein.

In diesem wie in den vorhergehenden Fällen war die Absonderung constant geworden. Dies war schon daran zu erkennen, dass es unmöglich war, die Thiere trocken zu halten. Die ganze untere Bauchfläche bis weit über die Schenkel herab war beständig vom abfliessenden Safte durchnässt, die Haut erythematös geröthet und an mehreren Stellen wund gekratzt. Wie aus den angeführten und noch weiter anzuführenden Zahlen zu ersehen, hatte die Nahrungsaufnahme keinen beschleunigenden (in manchen Fällen sogar einen verlangsamenden) Einfluss auf die Absonderung. Dagegen war das Erbrechen immer noch von einer bedeutenden Verlangsamung begleitet, wie aus folgender Zahlenreihe zu ersehen ist, die sich auf die oben mit einem Sternchen bezeichnete Zahl bezieht, die eben wegen des eingetretenen Erbrechens so klein ausfiel:

Zeit nach der Fütterung.	In 10 Minuten abgesondert.	Bemerkungen.
10 Min.	0,9 C.Cm.	
20 »	0,9 »	
30 »	0,4 »	Erbrechen.
40 »	0,9 »	
50 »	0,9 »	
60 »	0,9 »	
70 »	1,0 »	

Diese Beobachtung ist nicht entscheidend. Man kann eine zufällige Coincidenz der Secretionsabnahme und des Erbrechens annehmen, oder auch, dass die unversehrt gebliebenen Nervenfäden die Hemmung, wenn auch nur theilweise vermittelten. Um wenigstens die erste Annahme auszuschliessen, wiederholte ich die Vagusreizversuche an Fistelhunden mit durchschnittenen Pankreasnerven. Diese Versuche dienen eigentlich als Controlle der oben beschriebenen Vagusreizversuche an gewöhnlichen Fistelhunden. Ist die Auffassung des Secretionsstillstandes als einer reflectorischen Hemmung richtig, so dürfte nach

der Durchschneidung des grössten Theils der Pankreasnerven auf Reizung des Vagus kein Stillstand, höchstens eine Verlangsamung der Secretion eintreten.

Zu den Versuchen dienten die Hunde VII und VIII, nachdem bei ihnen die Secretion constant und ziemlich abundant geworden war, wie aus obigen Tabellen zu ersehen ist.

Fistelhund VII. Am 6. Tage nach der Fisteloperation wird der linke Vagus blosgelegt und durchschnitten. Sechs Stunden darauf, nachdem das Thier eben gefüttert worden war, verhält sich die Absonderung, wie folgt: [1])

Zeit nach der Fütterung.	Absonderung in 5 Minuten.	Absonderung in 10 Minuten.	Bemerkungen.
20 Min.	0,5 C.Cm.		
25 »	0,5 »	1,0 C.Cm.	
30 »	0,6 »		
35 »	0,6 »	1,2 »	
40 »	0,4 »		
45 »	0,2 »	0,6 »	
50 »	0,6 »		
55 »	0,4 »	1,0 »	
60 »	0,4 »		Während dieser 5 Minuten wird der centrale Vagusstumpf zu wiederholten Malen mit dem Inductionsapparat gereizt, bis Brechbewegungen eintreten.
65 »	0,4 »	0,8 »	
70 »	0,4 »		
75 »	0,4 »	0,8 »	
80 »	0,6 »		
85 »	0,4 »	1,0 »	
90 »	0,6 »		
95 »	0,4 »	1,0 »	
100 »	0,6 »		Der centrale Vagusstumpf wird $1^1/_2$ Minute lang gereizt, bis Brechbewegungen eintreten.
105 »	0,8 »	1,4 »	
110 »	1,0 »		
115 »	1,0 »	2,0 »	
120 »	0,6 »		

In diesem Versuche war also nicht einmal eine deutliche Verlangsamung eingetreten, während in den oben angeführten Versuchen constant ein vollständiger Stillstand eintrat, der 20 bis 30 Minuten die Reizung überdauerte.

---

1) In diesem wie im folgenden Versuch habe ich die Flussigkeit von 5 zu 5 Minuten abgelesen, um nicht einen vielleicht nur fünf Minuten anhaltenden Stillstand zu übersehen.

Fistelhund VIII. Am 6. Tage nach der Fisteloperation wird der linke Vagus blosgelegt und dem Hund Futter vorgelegt, von dem er aber nicht viel isst. Die Absonderung verhält sich wie folgt:

Zeit nach der Fütterung.	Absonderung in 5 Minuten.	Absonderung in 10 Minuten.	Bemerkungen
10 Min.	0,4 C.Cm.		
15 »	0,4 »	0,8 C.Cm.	
20 »	0,5 »		
25 »	0,4 »	0,9 »	Der Vagus wird gereizt, bis Brechbewegungen eintreten.
30 »	0,4 »		
35 »	0,9 »	1,3 »	
40 »	1,1 »		
45 »	1,6 »	2,7 »	
50 »	1,4 »		
55 »	1,6 »	3,0 »	
Zwei Stunden darauf:			
190 »	1,6 »		
195 »	1,4 »	3,0 »	
200 »	1,6 »		
205 »	1,8 »	3,4 »	
210 »	2,0 »		
215 »	1,8 »	3,8 »	
220 »	0,7 »		Der Vagus wird gereizt bis zum Eintritt von Brechbewegungen.
225 »	1,0 »	1,7 »	
230 »	1,4 »		
235 »	0,7 »	2,1 »	
240 »	1,1 »		
245 »	0,7 »	1,8 »	
250 »	0,7 »		

Also auch hier war in einem Falle nach der Reizung eine Beschleunigung, im andern eine Verlangsamung der Secretion eingetreten; von Stillstand keine Spur. Mit der Durchschneidung der Pankreasnerven war also der hemmende Einfluss des Vagus aufgehoben. Es kann daher diese Hemmung nur als ein auf das Pankreas wirkender Reflex aufgefasst werden.

Obgleich ich, wie Eingangs bemerkt, nur geringen Werth auf die Totalmengen des gewonnenen Saftes lege, kann ich doch nicht umhin darauf aufmerksam zu machen, dass gerade bei den Thieren, an denen die Pankreasnerven durchschnitten waren, diese Totalmengen sehr bedeutend waren, obzwar die

Operationsmethode ausser der Nervendurchschneidung sich durch nichts von dem bei den andern Fistelhunden angewandten Verfahren unterschied. Ich will dies zwar nicht als Beweis gelten lassen, halte es aber für wahrscheinlich, dass das Pankreas, nachdem seine Verbindungen mit den hemmenden Nerven gelöst sind, überhaupt reichlicher absondert, als unter dem normalen Nerveneinfluss.

In allen den eben angeführten vier Versuchen ist nach der Nervendurchschneidung starke Röthung, in zweien ödematöse Anschwellung der Drüse beobachtet worden. Ich erlaube mir aber nicht diese Erscheinungen mit Bestimmtheit als Folgen der Nervendurchschneidung zu deuten. Die Drüse mag bei Eröffnung der Bauchhöhle noch so blass sein, immer wird sie in Folge des Luftzutrittes und der verschiedenen Manipulationen mehr oder weniger geröthet. Zwar ist mir die Röthung in diesen Fällen viel intensiver vorgekommen als bei Anlegung gewöhnlicher Pankreasfisteln; aber die Operation ist auch eine complicirtere und nimmt mehr Zeit in Anspruch als jene. Eben so könnte man das Oedem, das mir sonst nicht vorgekommen ist, durch Einklemmung der Drüse oder durch Druck auf die Venen erklären.

Gewiss ist aber, dass die Circulationsverhältnisse in der Bauchspeicheldrüse verschieden sind, je nachdem diese sich in gesteigerter Thätigkeit oder im Zustande der Ruhe befindet. Beim hungernden Thiere ist das Pankreas weiss mit einem sehr leichten Stich in's Rothe; das Pankreas des verdauenden Thieres dagegen ist stark geröthet, und jedes Drüsenläppchen zeigt an der Oberfläche ein mit blossem Auge wahrnehmbares injicirtes Gefässnetz. Dieser Unterschied des Blutreichthums tritt sogar noch bei der mikroskopischen Untersuchung hervor. Das einem verdauenden Hunde entnommene Pankreas zeigt unter dem Mikroskope ein reichliches mit Blutkörperchen gefülltes Capillarnetz, während man am Pankreas von hungernden Hunden ohne vorhergegangene künstliche Injection nur mit Mühe die Capillaren unterscheiden kann. Wie bei andern absondernden Drüsen ist auch bei der Bauchspeicheldrüse die gesteigerte Thätigkeit von gesteigertem Blutandrang und Erweiterung der Capillaren begleitet und zum Theil auch bedingt.

Es lag nahe zu untersuchen, ob die Vagusreizung, deren hemmende Wirkung auf die Bauchspeichelsecretion wir eben

kennen gelernt hatten, eine entsprechende Wirkung auf die Blutfülle haben würde. Der Versuch bietet an und für sich keine besondern Schwierigkeiten. Das Pankreas wird einfach freigelegt und mit blossem Auge oder mit der Lupe beobachtet, während der Vagus gereizt wird. Doch konnte ich zu keinem sichern Resultate gelangen, weil schon die Freilegung des Pankreas an und für sich eine starke Röthung desselben zur Folge hat, die unmöglich von der physiologischen Injection zu unterscheiden ist. Ich habe diesen Versuch zweimal unternommen: an einem in der Verdauung begriffenen unvergifteten und an einem hungernden curarisirten Hunde. Beim ersten war die Drüse gleich nach Eröffnung der Bauchhöhle ziemlich gleichmässig geröthet und nahm während der ersten, von keinen Brechbewegungen gefolgten Reizung des Vagus ein marmorirtes Aussehen an. Die folgenden Reizungen brachten Brechbewegungen hervor, während welcher die Drüse sich stärker zu röthen schien, um nach der Reizung wieder blässer zu werden. Ob sie auch im Vergleich mit der ursprünglichen Nüance blässer wurde, kann ich nicht mit Bestimmtheit sagen. Das während der Brechbewegungen beobachtete Dunklerwerden der Drüse braucht keineswegs auf die Vagusreizung bezogen zu werden, es erklärt sich durch die begleitende Respirations- und Circulationsstörung.

Beim zweiten curarisirten Hunde, welcher seit zwanzig Stunden nicht gefüttert worden war, war die Drüse ursprünglich blass, aber jeder aus der Wunde gezogene Theil derselben röthete sich zusehends, bevor noch etwas am Thiere vorgenommen wurde, so dass jedes neu hervorgeholte Stück sehr auffallend durch seine Blässe von dem früher vorgelegenen abstach. Wenn in meinen auf diesen Versuch bezüglichen Notizen ein unbedeutendes Rötherwerden während der Vagusreizung angegeben ist, so kann dies unter solchen Umständen nicht als Folge der Reizung gedeutet werden. Blässerwerden der Drüse ist hier weder während noch nach der Reizung beobachtet worden.

Ein sichererer Weg, darüber in's Klare zu kommen, ob Reizung des Vagus die Bauchspeicheldrüse blutärmer mache, wäre vielleicht folgender: An einem in der Verdauung begriffenen Thiere (bei dem doch das Pankreas mit Bestimmtheit als blutreich vorausgesetzt werden darf,) den Vagus zu reizen und erst dann die Bauchhöhle zu eröffnen, um sich vom Zustande

der Drüse zu überzeugen. Ich habe diesen Versuch noch nicht ausgeführt.

III. Ueber die Wirkung des Curare auf die Bauchspeichelsecretion.

Ich habe auch einige Versuche über die Wirkung des Pfeilgiftes auf die Bauchspeichelsecretion angestellt. Der eigentliche Zweck dieser Versuche war nicht sowohl die Wirkung dieses Giftes kennen zu lernen, als an curarisirten Thieren geeignete Subjecte für die Untersuchung verschiedner Nerveneinflüsse auf die Pankreassecretion zu gewinnen. Ich ging nämlich von der Thatsache aus, dass bei curarisirten Thieren die Speichel- und Urinsecretion gesteigert ist. Würde das Pfeilgift dieselbe Wirkung auf die Bauchspeichelsecretion ausüben, so hätten wir darin ein Mittel an *ex tempore* hergestellten Pankreasfisteln die Secretionsschwankungen zu studiren. Dieser Zweck ist leider nicht erreicht worden, weil aus solchen Fisteln, sowohl bei vergifteten als bei unvergifteten Thieren, immer nur ganz kleine Quantitäten Saftes erhalten werden. Doch machte sich in den meisten Versuchen ein Steigen der Absonderung in Folge der Vergiftung bemerkbar.

Das Versuchsverfahren bestand darin, dass durch einen in der Mittellinie des Bauches geführten Schnitt Zwölffingerdarm und Pankreas hervorgeholt und in den untern Pankreasgang eine Canüle eingebunden wurde, deren freies Ende mit einer Glasröhre zur Aufnahme der Flüssigkeit in Verbindung stand. Die Eingeweide wurden dann reponirt, die Wunde zugenäht und von Zeit zu Zeit die Menge des abgesonderten Saftes vor und nach der Vergiftung an dem Röhrchen abgemessen. Ich theile hier diese Versuche mit:

XI. Bei einem in der Verdauung begriffenen mittelgrossen Hunde wird in den Pankreasgang eine Canüle eingebunden. Nachdem im Verlaufe einer Stunde kein Saft in der Canüle erscheint, wird der Hund mit Curare vergiftet und künstliche Respiration eingeleitet. Eine Viertelstunde darauf fängt die Flüssigkeit im Röhrchen merklich zu steigen an und zwar:

Zeit.	Höhe der Flüssigkeit.[1])	Bemerkungen.
9 U. 45 M.	0 Mm.	Operation.
10 » 45 »	0 »	Curareeinspritzung.
11 » 2 »	8 »	
» » 7 »	26 »	
» » 9 »	31 »	
» » 11 »	40 »	
» » 13 »	42 »	
» » 15 »	43 »	
» » 17 »	47 »	
» » 19 »	51 »	
» » 21 »	56 »	
» » 23 »	58 »	
» » 25 »	61 »	Starker Speichelfluss.
» » 27 »	65 »	
» » 29 »	67 »	
» » 31 »	69 »	
» » 33 »	70 »	
» » 35 »	71 »	
» » 37 »	73 »	
» » 39 »	76 »	
» » 41 »	79 »	
» » 43 »	82 »	
» » 45 »	84 »	

Also unvergiftet während einer Stunde abgesondert = 0,0 C.Cm.
curarisirt » » » » = 0,734 »

Darauf wurde zum zweiten Male eine Curarelösung injicirt; da aber die Flüssigkeit in den nächsten 15 Minuten nur um wenige Millimeter steigt und auch der Speichelfluss aufgehört hatte, wird die künstliche Respiration eingestellt.

Der gewonnene Saft war farblos, durchsichtig, sehr zäh, blasenbildend, stark alkalisch. Stärkekleister, mit einigen Tropfen versetzt, giebt in weniger als einer Minute die Zuckerreaction; trockner Blutfaserstoff wird bei 40° in 2 Stunden verflüssigt.

XII. Einem mittelgrossen seit 16 Stunden fastenden Hunde, dessen Pankreas bei Eröffnung der Bauchhöhle weiss aussieht, wird in den Pankreasgang eine Canüle eingebunden. Bei Eröffnung des Ganges ist ein Tropfen Saft zum Vorschein gekommen; nach vollendeter Operation aber ist während einer halben Stunde

1) Ein Millimeter des Röhrchens = 0,00874 Cub.-Centim.

keine Absonderung zu bemerken. Der Hund wird curarisirt und künstliche Respiration eingeleitet:

Zeit.	Höhe der Flüssigkeit.	Bemerkungen.
10 U. 10 M.	0 Mm.	Operation.
» » 40 »	0 »	Narkotisation.
» » 55 »	19 »	
11 » 7 »	34 »	
» » 10 »	36 »	
» » 13 »	41 »	
» » 16 »	42 »	
» » 19 »	43 »	
» » 22 »	44 »	Kein Speichelfluss.
» » 25 »	44 »	
» » 28 »	44 »	
» » 31 »	46 »	
» » 34 »	49 »	
» » 37 »	53 »	
» » 40 »	53 »	
» » 43 »	53 »	Wiederholte Curareinjection.
» » 46 »	54 »	
» » 49 »	56 »	
» » 52 »	59 »	
» » 55 »	65 »	
» » 58 »	67 »	Kein Speichelfluss.
12 » 1 »	70 »	
» » 4 »	74 »	
» » 7 »	77 »	
» » 10 »	79 »	

Da die Flüssigkeit nicht weiter steigt, wird der Hund durch Einstellung der künstlichen Respiration getödtet.

Vor der Narkotisation Absonderung während 30 Min. = 0,0 C.Cm.
Nach » » » » 90 » = 0,690 »

Der gewonnene Saft besitzt dieselben Eigenschaften wie im vorhergegangenen Versuche. Eine frische Blutfaserstoffflocke wird darin in einer halben Stunde aufgelöst.

XIII. Einem in der Verdauung begriffenen Hunde wird eine Canüle in den Pankreasgang eingebunden. Das Pankreas ist stark injicirt. Nachdem das Röhrchen 15 Minuten lang leer geblieben war, wird der Hund mit Curare vergiftet. Es tritt starker Speichelfluss ein, aber die Bauchspeichelsecretion bleibt nach wie vor gleich Null, obgleich die Beobachtung anderthalb Stunden lang fortgesetzt wird.

XIV. Einem grossen seit 16 Stunden fastenden Hunde,

dessen Pankreas bei Eröffnung der Bauchhöhle weiss aussieht, wird eine Canüle in den Gang eingebunden. Während der ersten 40 Minuten nach der Operation ist keine Absonderung zu bemerken, worauf der Hund durch Einspritzung von Curare narkotisirt und künstliche Athmung eingeleitet wird. Sofort fängt die Flüssigkeit zu steigen an. In den folgenden 40 Minuten werden 0,594 Cub.-Cm., in den nächsten 20 Minuten fast ebensoviel Saft gewonnen. Da das Thier sich dann zu regen anfängt, wird die Curareinjection wiederholt, aber die Flüssigkeit steigt in den darauffolgenden 20 Minuten blos um wenige Millimeter.

Der gewonnene Saft verdaut einige frische Faserstoffflocken bei 40° in einer Stunde.

XV. Einem seit 23 Stunden fastenden Hunde, dessen Pankreas bei Eröffnung der Bauchhöhle weiss erscheint, wird eine Canüle in den Gang eingebunden. Die Canüle füllt sich ziemlich schnell und die Flüssigkeit im Röhrchen steigt mit folgender Geschwindigkeit:

Zeit.	Höhe der Flüssigkeit.	Bemerkungen.
10 U. 6 M.	17 Mm.	Zusammen in 16 Minuten 0,15 Cub.-Centim.
» » 10 »	23 »	
» » 14 »	27 »	
» » 18 »	31 »	
» » 22 »	34 »	

Der Hund wird mit Curare vergiftet, worauf die Flüssigkeit bedeutend schneller zu steigen anfängt:

Zeit.	Höhe der Flüssigkeit.	Bemerkungen.
10 U. 35 M.	11 Mm.	Mässiger Speichelfluss.
» » 39 »	24 »	
» » 43 »	56 »	
» » 47 »	66 »	
» » 51 »	74 »	
» » 55 »	80 »	
» » 59 »	83 »	
11 » 3 »	86 »	
» » 7 »	91 »	
» » 11 »	93 »	
» » 16 »	97 »	
In 40 Minuten = 0,75 Cub.-Centim.		

Der vor und nach der Narkotisation gewonnene Saft wird jeder für sich mit frischen Faserstoffflocken versetzt. Im ersten war der Faserstoff bereits nach einer halben Stunde verdaut, während der nach der Narkotisation gewonnene Saft eine ungefähr gleiche Menge Faserstoff erst in zwei Stunden verdaut hatte. —

Die Curarisirung hatte also in allen Fällen eine mehr oder weniger bedeutende Beschleunigung der Bauchspeichelsecretion zur Folge, mit Ausnahme des einzigen Falles (XII), in dem überhaupt keine Secretion zum Vorschein kam. Dass aus improvisirten Pankreasfisteln keine namhaften Mengen Bauchspeichel zu erhalten sind, ist längst bekannt. Die Bauchspeicheldrüse scheint eben für derartige Eingriffe zu empfindlich zu sein und fängt nicht eher wieder reichlich zu secerniren an, als bis sie sich vom Eingriffe wieder erholt hat. Merkwürdig ist es, dass in den eben angeführten Versuchen gerade von den hungernden Thieren grössere Mengen Saftes erhalten wurden, als von den in der Verdauung begriffenen. Die von den hungernden Thieren gelieferten Mengen sind vielleicht gerade so gross wie im normalen Zustande oder an constanten Fisteln, wo sie, wie wir gesehen haben, fast gleich Null sind. Am verdauenden Thiere aber wird durch den operativen Eingriff die gesteigerte Thätigkeit des Pankreas plötzlich fast ganz sistirt.

Ich habe es auch einmal versucht, am curarisirten Thiere an einer improvisirten Pankreasfistel den Einfluss der Nervenreizung und Nervendurchschneidung zu prüfen, aber — wie schon Eingangs erwähnt — ohne Erfolg. Die Absonderung war vor wie nach der Durchschneidung eines der Pankreasnerven unbedeutend und wurde auch durch die Reizung des peripherischen Endes des durchschnittenen Endes nicht merklich beeinflusst. Auch hier sah ich nach der Durchschneidung des Nerven die Drüse eine dunklere Färbung annehmen.

Zum Schlusse noch einige Bemerkungen über die Eigenschaften des Bauchspeichels.

Ich habe es nie unterlassen, das erhaltene Sekret auf seine

verdauenden Wirkungen zu prüfen. Unter was immer für Bedingungen es abgesondert war, von hungernden oder verdauenden, curarisirten oder nicht curarisirten Thieren, nach oder ohne Durchschneidung der Pankreasnerven: die sacharificirende Wirkung auf Stärkekleister blieb nie aus. Fast dasselbe war der Fall mit der Verdauung von Faserstoff. Mit Ausnahme von zweien Fällen (nach Nervendurchschneidung.) verdaute der Saft frischen Faserstoff in weniger als drei, getrockneten Faserstoff in weniger als fünf Stunden, ohne dass der leiseste Geruch nach Fäulniss sich eingestellt hätte. Am schnellsten verdaute der aus improvisirten Fisteln gewonnene Saft, am langsamsten der nach der Nervendurchschneidung secernirte, was übrigens leicht aus der verschiedenen Dichtigkeit der Sekrete zu erklären ist.

Gekochtes Hühnereiweiss widersteht der Einwirkung des Pankreassaftes viel länger als frischer und selbst getrockneter Blutfaserstoff. Es tritt Fäulniss ein, bevor noch die Verdauung zu Ende ist, ja noch bevor die scharfen Kanten der Eiweissstückchen angefressen werden. Um der Fäulniss vorzubeugen, goss ich nach vierstündiger Digestion die Flüssigkeit weg und ersetzte sie durch frischen Saft, worauf das Eiweiss nach abermals vierstündiger Digestion sich vollständig und ohne allen Geruch auflöste. Dasselbe war mit gekochtem Fleische der Fall. Dieses zerfällt bei der Digestion mit Pankreassaft sehr schnell in primäre Muskelfasern, die ziemlich lange unversehrt bleiben und sogar die Querstreifung beibehalten. Die Auflösung der Fasern erfolgt erst nach längerer Digestion. Wenn die Gewinnung des Pankreassaftes mit weniger Schwierigkeiten verbunden wäre, so liesse er sich vielleicht mit Vortheil zur mikroskopischen Untersuchung der Muskelfasern (sowie anderer durch Bindesubstanz zusammengehaltener faseriger Gewebe) verwerthen.

Die Auflösung der zu den Verdauungsversuchen genommenen Substanzen (mit Ausnahme des getrockneten Faserstoffes) ging immer ohne vorhergegangene Quellung vor sich. Die einzelnen Stücke erschienen an mehreren Stellen angefressen, zerfielen dann in einen feinen Brei, der sich nach und nach auflöste, so dass der eigentliche Zeitpunkt der Verflüssigung nie genau bestimmt werden konnte.

Der ziemlich allgemein verbreiteten Ansicht, dass der ausserhalb der Verdauungszeit abgesonderte Bauchspeichel auf Eiweisskörper unwirksam sei, muss ich auf Grund meiner Erfahrungen widersprechen. Es ist mir zwar nicht gelungen, von hungernden Fistelhunden hinreichende Mengen Bauchspeichels zu Verdauungsversuchen zu gewinnen; wohl aber war dies bei den Fistelhunden mit durchschnittenen Pankreasnerven, bei denen die Secretion constant geworden war, der Fall. Bei diesen konnte ich eben keinen Unterschied in der Wirkung des Saftes auf Faserstoff bemerken, mochte er vor oder nach der Nahrungsaufnahme abgesondert sein. Ebenso war der aus improvisirten Fisteln von hungernden Hunden gewonnene Saft sehr wirksam auf Faserstoff. Es kann also auch nicht von einer Ladung des Pankreas mit Verdauungsferment die Rede sein, wollte man nicht etwa annehmen, dass das Pankreas 20 Stunden und mehr nach jeder Mahlzeit geladen bleibe, in welchem Falle es freilich immer geladen wäre.

Wo ich über grössere Mengen Bauchspeichels verfügen konnte, benutzte ich dieselben zur Bestimmung des Gehaltes an festen Bestandtheilen. Ich habe an 50 solcher Bestimmungen ausgeführt, in denen der Gehalt an festen Bestandtheilen zwischen 1,68 und 5,39 Percent schwankte. In folgender Tabelle sind die darauf bezüglichen Zahlen nach der Absonderungsgeschwindigkeit für jedes einzelne Versuchsthier geordnet. Die erste Columne enthält die für eine Stunde berechnete abgesonderte (richtiger aufgefangene) Saftmenge in Cubiccentimetern, die zweite Columne — den Percentgehalt des Saftes an festen Bestandtheilen, die dritte — die für eine Stunde berechnete Menge von mit dem Safte ausgeschiedenem festen Stoffe in Grammen.

Versuchsthier.	Bauchspeichelmenge in 1 Stunde.	Gehalt an festen Bestandtheilen.	In einer Stunde abgesonderte feste Stoffe.
III.	3,00 C.Cm.	2,48 p. C.	0,074 Grm.
	3,78 »	2,37 »	0,090 »
	8,58 »	2,10 »	0,180 »
	9,12 »	1,90 »	0,173 »
	10,38 »	2,90 »	0,301 »

Versuchsthier.	Bauchspeichelmenge in 1 Stunde.	Gehalt an festen Bestandtheilen.	In einer Stunde abgesonderte feste Stoffe.
IV.	2,76 C.Cm.	3,42 p. C.	0,091 Grm.
	5,58 »	4,92 »	0,274 »
	11,52 »	1,71 »	0,197 »
	17,58 »	2,22 »	0,389 »
	17,82 »	2,15 »	0,373 »
	21,96 »	1,82 »	0,399 »
	31,68 »	1,83 »	0,580 »
	32,40 »	1,65 »	0,535 »
	34,20 »	1,92 »	0,657 »
V.	4,26 »	3,63 »	0,155 »
	6,84 »	3,37 »	0,230 »
	7,20 »	2,26 »	0,163 »
	8,82 »	2,39 »	0,211 »
	10,02 »	2,07 »	0,211 »
	11,34 »	2,43 »	0,276 »
	11,52 »	2,18 »	0,251 »
	13,08 »	2,10 »	0,275 »
	14,76 »	1,82 »	0,269 »
VII.	2,82 »	4,71 »	0,129 »
Bei durch-	4,80 »	3,53 »	0,169 »
schnittenen	9,48 »	2,91 »	0,276 »
Pankreas-	9,60 »	2,60 »	0,250 »
nerven.	12,18 »	2,30 »	0,280 »
	13,26 »	2,26 »	0,300 »
VIII.	5,88 »	3,75 »	0,222 »
Bei durch-	7,44 »	2,33 »	0,173 »
schnittenen	26,34 »	1,68 »	0,442 »
Pankreas-	31,68 »	1,68 »	0,532 »
nerven.	33,00 »	1,67 »	0,551 »
IX.	3,72 »	4,42 »	0,164 »
Bei durch-	7,20 »	2,74 »	0,197 »
schnittenen	7,86 »	2,91 »	0,229 »
Pankreas-	9,00 »	2,45 »	0,221 »
nerven.	14,04 »	3,19 »	0,448 » [1]
	39,00 »	3,11 »	1,213 » [1]
X.	4,98 »	5,39 »	0,268 »
Bei durch-	6,84 »	3,32 »	0,227 »
schnittenen	10,98 »	3,47 »	0,381 »
Pankreas-	11,82 »	2,53 »	0,299 »
nerven.	15,36 »	2,35 »	0,361 »

1) Der Saft ist blutig gefärbt.

Im Allgemeinen enthalten diese Zahlen eine Bestätigung der Angaben von *Weinmann*, nach welchen der Gehalt an festen Bestandtheilen des Bauchspeichels in umgekehrtem Verhältnisse zu dessen Absonderungsgeschwindigkeit steht. Doch giebt es, wie eben diese Tabelle zeigt, ziemlich zahlreiche Ausnahmen von dieser Regel, die es wahrscheinlich machen, dass der Grad der Verdauung noch von anderen Umständen, als von der Absonderungsgrösse abhängt. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass auch dabei der Nerveneinfluss eine Rolle spielt. Wenigstens tritt die Abhängigkeit der Verdünnung von der Absonderungsgeschwindigkeit nach Durchschneidung der Pankreasnerven (bei Versuchsthier VII—X) viel deutlicher hervor, als bei den gewöhnlichen Fistelhunden (Versuchsthier III—V).

Was die absoluten Mengen der ausgeschiedenen festen Bestandtheile betrifft, so gilt für den Bauchspeichel dasselbe, was auch für die anderen Absonderungen feststeht, nämlich, dass, trotz der wachsenden Verdünnung, die Menge der ausgeschiedenen festen Bestandtheile mit der Absonderungsgeschwindigkeit wächst, wie aus der vierten Columne der Tabelle zu ersehen ist. Mit andern Worten, die Verdünnung wächst langsamer als die Absonderungsgeschwindigkeit. Bemerkenswerth und für den Mechanismus der Absonderung von Bedeutung ist es, dass der Gehalt an anorganischen Bestandtheilen nur sehr unbedeutenden Schwankungen unterworfen ist. Ich habe von 20 verschiedenen Proben den Gehalt an festen Bestandtheilen durch Trocknen und den Gehalt an anorganischen Bestandtheilen durch Glühen im Platintigel bestimmt; während der Percentgehalt an organischen Bestandtheilen zwischen 1,82 und 4,71 schwankte, schwankte der Gehalt an anorganischen festen Stoffen blos zwischen 0,72 und 0,99 p. C. In folgender Tabelle sind diese Zahlen ausführlich mitgetheilt:

Versuchs-thier.	In einer Stunde abgesonderter Saft.	Totalgehalt an festen Bestandtheilen.	Gehalt an organischen Bestandtheilen.	Gehalt an anorganischen Bestandtheilen.
III.	3,00 C.Cm.	2,48 p. C.	1,65 p. C.	0,83 p. C.
	3,78 »	2,37 »	1,52 »	0,85 »
	8,58 »	2,10 »	1,12 »	0,88 »
	9,12 »	1,90 »	1,14 »	0,76 »
	10,83 »	2,90 »	1,63 »	0,97 »

Versuchs-thier.	In einer Stunde abgesonderter Saft.	Totalgehalt an festen Bestandtheilen.	Gehalt an organischen Bestandtheilen.	Gehalt an anorganischen Bestandtheilen.
V.	4,26 C.Cm.	3,63 p. C.	2,73 p. C.	0,90 p. C.
	6,84 »	3,37 »	2,51 »	0,86 »
	7,20 »	2,26 »	1,54 »	0,72 »
	8,82 »	2,39 »	1,45 »	0,94 »
	10,02 »	2,07 »	1,35 »	0,72 »
	11,34 »	2,43 »	1,44 »	0,99 »
	11,52 »	2,18 »	1,46 »	0,72 »
	13,08 »	2,10 »	1,17 »	0,93 »
	14,76 »	1,82 «	1,03 »	0,79 »
VII. Bei durchschnittenen Pankreasnerven.	2,82 »	4,71 »	3,94 »	0,77 »
	4,80 »	3,53 »	2,72 »	0,81 »
	9,48 »	2,91 »	2,14 »	0,77 »
	9,60 »	2,60 »	1,68 »	0,92 »
	12,18 »	2,30 »	1,46 »	0,84 »
	13,26 »	2,26 »	1,26 »	0,90 »

Der Gehalt des Bauchspeichels an anorganischen Stoffen ist also unabhängig von der Absonderungsgeschwindigkeit und ist annähernd gleich dem Gehalte des Blutserums. Für den Mechanismus der Absonderung ist dies insofern von Wichtigkeit, als dadurch wahrscheinlich gemacht wird, dass hier eine Filtration des Blutwassers (mit seinen Salzen) vor sich geht, welches die in der Drüse producirten specifischen Sekretbestandtheile wegschwemmt. Dies ist gerade hier um so wahrscheinlicher, als die specifischen Bestandtheile des Bauchspeichels sonst nirgends aufgefunden werden, während sie in der Bauchspeicheldrüse selbst beständig in bedeutenden Quantitäten enthalten sind.

Ueber die Athmung in der Lunge.

Von

Dr. J. J. Müller.

Die Lunge des lebenden Organismus charakterisirt eine stetige Vereinigung der innern und äussern Athmung; die Beobachtung am lebenden Thiere muss sich daher immer auf das combinirte Resultat beider Processe beziehen. Eine Trennung wird aber möglich bei der Erforschung der Vorgänge an der herausgeschnittenen, künstlich durchströmten Lunge.

In der That, hier ist die Möglichkeit sofort gegeben, die Function der Lunge aus dem Versuche auszuschliessen oder sie mit einzuführen. Im ersten Falle führt der Gaswechsel des durchströmenden Blutes zur Kenntniss eines neuen, für die Lehre von der Respiration wichtigen Vorganges. Bei der Einfachheit des Lungengewebes und der geringen Zahl der in ihm angehäuften chemischen Verbindungen gewinnt er eine allgemeine fundamentale Wichtigkeit in der Lehre von der Gewebeathmung, deren Thatsachen bis jetzt nur an den viel complicirter gebauten Geweben des Muskels und der Niere gewonnen sind. — Im zweiten Falle, dem vereinigten Vorgange der äussern und innern Athmung, wird es möglich den Gaswechsel für dasselbe Organ gleichzeitig im Blute und der Lungenluft zu erforschen und jeden als Function dieser Variabeln darzustellen. Weiter kann der Athmungsprocess in einer neuen Reihe fundamentalster Abhängigkeiten, in seinen Beziehungen zu Geschwindigkeit, Druck, Temperatur des Blutes festgestellt werden. Bei der hohen Wichtigkeit dieser Fragen für die Theorie der Respiration wird die Methode um so schätzbarer, als am lebenden Organismus die Beantwortung dieser Fragen nicht erreichbar ist; in ihm

führt die Aenderung jeder jener Variabeln zu einer Aenderung der Athmung aller Gewebe und damit zu einer höchst verwickelten Aenderung des Blutes.

Der angedeuteten Methode liegt die principielle Voraussetzung zu Grunde, dass sich die Lebenseigenschaften der Lunge unter dem Einflusse des durchströmenden Blutes während des Versuches erhalten. Gibt es also genügende Garantien hiefür? Eine der ersten anzuführenden Versuchsreihen zeigt, dass ein eigenthümlicher Gaswechsel während einer sehr langen Versuchsdauer sich in nahe vollkommener Constanz erhielt. Dies konnte allerdings nur auf der Erhaltung der normalen Eigenschaften des Gewebes beruhen. Directer noch besitzt man bekanntlich für die Lebenseigenschaften der Lunge ein Zeichen in der Contraction derselben beim Eintauchen in Eiswasser (*Traube*). Ich habe diese Probe nach jedem Versuche angestellt; sie fiel, wenn die Durchleitung des Blutes ununterbrochen fortgeführt worden war, stets im Sinne der Conservirung des Lebens aus. Electrische Reizungen, wodurch ich partielle Contractionen zu erzielen hoffte, führten dagegen weder an der ganz frischen, noch an der Lunge, die zum Versuche gedient hatte, zu einem Resultate. Aufzublasen war die Lunge nach dem Versuch immer vollständig.

Eine andere wesentliche Bedingung für die Möglichkeit, aus der Aenderung der Gase des Blutes, das die Lunge durchströmt hat, auf Lebensvorgänge in ihr zu schliessen, ist, dass die Lunge keine freie Säure enthält. Säuren führen, wie schon Herr *L. Meyer*[1]) nachwies und neuerdings die Herren *Pflüger* und *Zuntz*[2]) bestätigten, den Sauerstoff des Blutes in feste Verbindungen über, aus denen er bei der Entgasung nicht mehr gewonnen werden kann. Sie können somit gewisse Vorgänge vortäuschen, die gar keine Lebenserscheinungen sind. Nun reagirt die Lunge aber in der That alcalisch.[3]) Ich habe die Reaction an der ganz frischen Lunge und nach mehrstündigem Liegen derselben im Zimmer ohne Blutdurchleitung mit Sorgfalt geprüft, sie fiel beide Male in dem nämlichen angeführten Sinne aus.

---

1) *L. Meyer*, die Gase des Blutes. Zeitschr. f. rat. Med. VIII. 256.

2) *Pflüger* u. *Zuntz*, Einfluss der Säuren auf die Gase des Blutes. Archiv f. Phys. I, 361.

3) *Kühne*, physiol. Chemie 443.

Ein fundamentales Bedenken für die weitere Verwerthung der Resultate solcher Durchleitungsversuche bleibt aber immer noch bestehen. Die Versuche am Muskel haben ergeben, dass »das kühle, arterielle, faserstofffreie, den Einwirkungen anderer thierischen Organe entzogene Blut anders wirkt, als das lebendige«. Es vermag im Muskel allerdings die Gruppe von Processen, welche die Reizbarkeit zur Folge hat, sehr lange zu erhalten, die Erhaltung seiner Leistungsfähigkeit ist aber immer eine recht beschränkte.[1] Der herausgeschnittene Muskel entfernt sich auch bei der Durchströmung immer mehr von seinen wahren Lebensverhältnissen, er wirkt weniger energisch auf den Sauerstoff als der lebendige[2] und das Verhältniss seines Sauerstoff-Verbrauches zur Kohlensäure-Bildung ist im ruhenden Zustande gerade das umgekehrte wie im Organismus.[3] Die Leber sondert allerdings Galle ab[4], die Niere aber niemals Harn.[5] Wesentliche Unterschiede dieser Blutart von dem im Gefässsysteme kreisenden Blute sind also nicht zu verkennen, wie von anderer Seite auch Herr *Pflüger*[6] hervorhebt. Allein die erzielten Verhältnisse kommen denen im lebenden Organismus wenigstens nahe und in dieser Annäherung liegen der Anhaltspuncte für weitere Erkenntniss und darum der Motive für die Befolgung dieser Methode hinreichende.

Damit ist einer sehr ausgedehnten Reihe von Versuchen das Feld geöffnet. Ich habe eine Anzahl solcher Versuche, die freilich von der grossen Mannigfaltigkeit der hier in Betracht kommenden Fragen nur einen Theil bilden, im Institute des Herrn Professor *Ludwig* ausgeführt. Der ganze Plan der Untersuchung ist eine Anregung meines hochverehrten Lehrers; ich bitte daher, die folgenden Versuche als eine Ausführung s e i n e r Ideen zu betrachten. Für die Unterstützung, die er mir darin zukommen liess, freue ich mich, ihm hier meinen wärmsten Dank aussprechen zu können.

---

1) *Ludwig* u. *Schmidt*, das Verhalten der Gase, welche mit dem Blute durch den reizbaren Säugethiermuskel strömen. Arbeiten aus der phys. Anst. zu Leipzig. III. 29.

2) l. c. 43, 44.

3) l. c. 55—60.

4) Arbeiten etc. III, 113.

5) Arbeiten etc. II, 114. III, 139.

6) *Pflüger*, Archiv f. Phys. I, 277.

I. Ueber die innere Athmung der Lunge.

Die Möglichkeit einer fruchtbaren Verwerthung der bezeichneten Methode für die Erforschung der Gewebeathmung der Lunge ist an die praktische Verwirklichung der Forderung geknüpft, dass durch den gesammten die Lunge begrenzenden Flächencomplex weder Kohlensäure aus dem Blute noch Sauerstoff in dasselbe trete. Diesen Gasbewegungen suchte ich dadurch vorzubeugen, dass ich die gänzlich zusammengefallene Lunge in einen luftdicht schliessenden Kautschukbeutel einschloss, welcher in innigste Berührung mit der Lungenoberfläche gebracht und durch Eintauchen des ganzen Apparates in Wasser in dieser Lage erhalten wurde. Um näher noch aus den jetzt noch vorhandenen kleinen Gasräumen eine Sauerstoff-Aufnahme zu verhüten, wurden jedesmal der Lungenraum wie die künstliche Pleurahöhle wiederholt mit reinem Stickstoff gefüllt. Bei dem letzten Zusammenfallen der Lunge und dem schliesslichen genauen Anlegen des Beutels an ihre Oberfläche konnten dann nur ganz minimale Mengen von Sauerstoff die Lunge noch umspülen. Zwei Manometer, in die Trachea und den künstlichen Pleuraraum eingesetzt, dienten zur Controle der Spannung der Gase in diesen Räumen. Die Unveränderlichkeit ihres Standes während der Versuche zeigte, dass, bis auf einen unten zu besprechenden kleinen Fehler, die Verhinderung der Diffusion wirklich erzielt war.

Das Gelingen des Versuches hängt weiter von der Möglichkeit ab, dass die Durchleitung des Blutes durch das pulmonale Gefässsystem ohne Blutung geschehe. In dieser Beziehung ist die Lunge ein unerwartet günstiges Object für die Untersuchung. Die zahlreichen Verbindungen der verschiedenen Gefässsysteme dieses Organes liessen Blutungen mehr als anderswo befürchten. An den Grenzen der Alveolen und Bronchien geht bekanntlich das pulmonale System in das bronchiale über und auf der Bronchialschleimhaut breiten sich Zweige der Pulmonalarterie aus; Zweige derselben zur Pleura sind wenigstens wahrscheinlich gemacht. Doch ist schon zu bemerken, dass aus den Capillarnetzen der feinen Bronchien auch Aeste der *V. pulmonalis* entspringen; ein Theil des hier eingetretenen Blutes kann also seinen Rückweg in die pulmonale Bahn finden. Ausserdem aber ist bei der Enge der Gefässe, dem vollständigen Zusammenfallen

der Lunge und (wie sich gleich zeigen wird) den kleinen Drücken ein totaler Verschluss der kleinen bronchialen Venen wohl möglich. So trat denn auch nie eine irgend erhebliche Blutung ein, wenn auch andererseits fast in keinem Versuche ein Blutaustritt gänzlich vermieden war. Einige Cubikcentimeter einer schwach roth gefärbten serumähnlichen Flüssigkeit waren bei der Oeffnung des Kautschukbeutels nach dem Versuche in der Mehrzahl der Fälle in ihm zu finden; sie machten jedoch in keinem der für die Resultate benützten Versuche mehr als 1% der ganzen durchgegangenen Blutmenge aus. Im Lungenraume habe ich keine Spuren von Blutung bemerkt.

Die nähere Anordnung der Versuche zeigt Fig. 1 (S. 154). *L* stellt die in den Kautschukbeutel eingeschlossene Lunge dar. In ihre Gefässe und Trachea sind Canülen eingesetzt, welche zu ihrer Verbindung mit der an einem Stative befestigten metallenen Platte *P* dienen. Wie Fig. 2 schematisch andeutet, ist letztere zu diesem Zwecke mit einer Reihe sie durchdringender Röhrchen versehen, deren relative Lage derjenigen der Lungengefässe und Trachea entsprechend gewählt ist. *t* führt in die Trachea, hier wird ein Manometer *m* luftdicht eingesetzt. *a* ist das arterielle Zuflussröhrchen, *v v′ v″* deuten die Enden der venösen Bahn an. Von den letzten drei Röhrchen werden entweder nur eines oder alle drei benützt, je nachdem die beiden Lungen oder nur eine angewendet sind. Im ersten Falle ist die venöse Canüle in den linken Vorhof gesetzt, im letzteren werden die Canülen in die Pulmonalvenen direct eingefügt. Dort sind die nicht gebrauchten Röhrchen (*v′ v″*) zu verschliessen, hier sind alle drei durch ein verzweigtes Glasrohr in eine Bahn zu vereinigen. *p* führt in den Zwischenraum zwischen Lunge und Beutel. Das Manometer, das hier eingesetzt wird, ist der Einfachheit der Zeichnung halber in Fig. 1 nicht wieder gegeben. — Der Beutel wird aus einem sich conisch verjüngenden Stücke und einer über einen metallenen Ring *R* gespannten Membran gebildet. Während das erste ein für alle Male luftdicht an den Rand der Platte *P* angelegt ist, wird die letztere erst, wenn die Lunge an *P* befestigt ist, mit dem untern Ende des conischen Mantels luftdicht verbunden. Einige metallene Stäbchen, welche an den Enden durch zwei dem Umfange der Platte *P* und des Ringes *R* entsprechende ringförmige Bänder vereinigt sind, dienen jetzt, passend angelegt, dazu, dem Ringe *R* mit

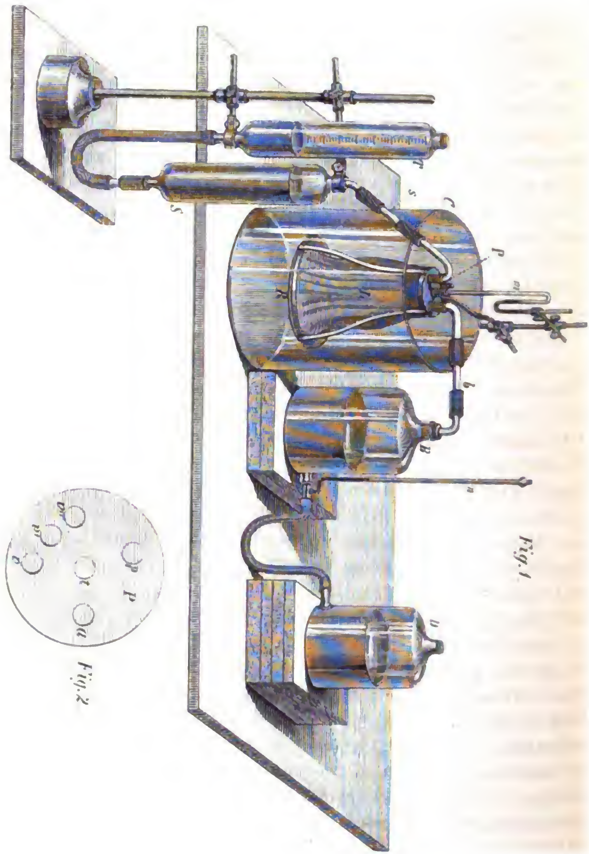


Fig. 1

Fig. 2

der Membran eine feste Lage zu geben. — *C* ist ein cylindrisches mit Wasser gefülltes Gefäss, welches die so eingehüllte Lunge aufnimmt.

Das mit der Manometerröhre *n* versehene Gefäss *B* enthält das Blut, welches für die Durchleitung bestimmt ist; es ist durch die Leitung *b*, die aus mehreren, durch Kautschuk verbundenen Glasröhrchen gebildet ist, mit dem arteriellen Röhrchen *a* und durch einen Kautschukschlauch mit dem Druckgefässe *D* verbunden. — Aus dem venösen Röhrchen *v* führt eine ähnlich wie *b* gebildete Leitung *s* zu dem calibrirten cylindrischen Sammelgefässe *S*, das, analog wie *B* mit *D*, mit einem zweiten Gefässe *T* verbunden ist. An der Leitung *s* ist eine (ebenfalls nicht gezeichnete) seitliche Röhre angebracht, welche für den Abfluss aller der nicht zur Analyse benützten Blutmengen bestimmt ist.

Der Mechanismus der Durchleitung ist nach dem Gesagten klar. Die Höhe des Quecksilbergefässes *D* bestimmt den für die gewünschte Geschwindigkeit erforderlichen Druck, der stets an dem Manometer *n* abgelesen wird. Sie soll allein für die Regelung der Geschwindigkeit dienen. Die Höhe von *D* muss dann immer so gewählt werden, dass die beiden Quecksilberniveaux in *T* und *S* zusammenfallen (der geringe Druck der in *S* vorhandenen Blutsäule mag meist vernachlässigt werden). Doch ist es manchmal gefordert, zu Gunsten bald dieser bald jener Röhre eine Druckdifferenz von 1—2 Millimetern Behufs einer vorübergehenden Beschleunigung oder Verzögerung der Durchflussgeschwindigkeit eintreten zu lassen.

Die Versuche sind alle an der Lunge von Hunden angestellt. Zuerst wurde immer das Blut in üblicher Weise [1]) aus der Carotis des Thieres gewonnen und nach der Defibrination in das Gefäss *B* eingeführt, wo es unter sorgfältigstem Luftabschluss bis zum Beginn der Durchleitung stehen blieb. Das Blut hatte während der Durchleitung immer die gewöhnliche Zimmertemperatur von 18—20°. — Hatte der geforderte Aderlass das Thier nicht erschöpft, so wurde jetzt von ihm auch die Lunge benützt; in einer Anzahl von Fällen jedoch lieferte sie ein zweites Thier. Nach der Tödtung des Thieres durch einen Stich in die *med. oblong.* und gänzlicher Verblutung wurden Lungen und

1) Arbeiten etc. II, 114. III, 9.

Herz möglichst rasch herausgenommen, Gefässe und Trachea passend isolirt, mit den bereit gehaltenen Canülen versehen und, nach Füllung der arteriellen Canüle mit Blut, das Präparat an die Platte *P* befestigt. Dann konnte gleich die Schliessung des Beutels geschehen, es folgte, nach der Einbindung der Manometer und dem Einsetzen in Wasser, die wiederholte Füllung und Entleerung der Alveolen und des pleuralen Raumes mit Stickstoff, endlich unter Verhütung aller Luftblasen die Verbindung mit den Gefässen *B* und *S*. Unmittelbar vor der letzteren wurde aus dem Gefäss *B* nach sorgfältigem Schütteln die Vergleichsprobe aufgefangen.

Jetzt konnte die Durchleitung beginnen. Vor dem Auffangen des durchgeströmten Blutes in dem Sammelgefässe *S* wird dabei passend immer eine gewisse Menge Blut durch die seitliche Ansatzröhre in *s* ohne weitere Verwendung ausfliessen. Es werden dadurch einzelne noch faserstoffhaltige Blutreste, die nachher bei der Gerinnung Verstopfungen erzeugen möchten, entfernt; man erzielt eine Erholung der Lunge, welche während der nicht unbeträchtlichen Zubereitungen vielleicht etwas gelitten hat; kleine noch übrig gebliebene Räume werden mit CO_2 gesättigt und man gewinnt die Kenntniss des geforderten Druckes zu einer Zeit, wo unvermeidliche Unregelmässigkeiten noch nicht störend wirken.

Die Geschwindigkeit der Durchleitung gelang es stets in vorzüglicher Constanz zu erhalten. Anfangs sind die geforderten Druckwerthe immer gering; mit der Versuchsdauer wachsen aber die Widerstände, meist mehr oder weniger regelmässig; wenigstens konnte ich keine auffallend unregelmässigen Schwankungen bemerken, wie sie beim Muskel erscheinen.[1]) Betrug der Druck Anfangs kaum mehr als 5 Mm, so stieg er gegen das Ende des Versuches allmälig auf 20—30 Mm. Diese Drücke dienen in den meisten Fällen zur Erzeugung einer während des ganzen Versuches constanten Geschwindigkeit von 2—3 Cubikcentimeter in der Minute. Doch kann durch entsprechende Erhöhung des Druckes mit Leichtigkeit eine viel grössere Geschwindigkeit, bis zu 20—30 Cubikcentimeter, in der Minute erzielt werden.

In den folgenden Versuchsreihen ist bisweilen eine recht

1) Arbeiten etc. III, 46.

beträchtliche Anzahl von Blutproben aufgefangen; ihre Auspumpung nahm eine Zeit in Anspruch, welche, auch wenn die Proben sofort bei 0° aufbewahrt wurden, für die von Herrn *A. Schmidt* beschriebenen Veränderungen[1]) wohl hinreichte. Ich beobachtete daher durchweg eine solche Anordnung, dass die eintretenden Veränderungen die Resultate des Versuches zu verkleinern suchten. Die Vergleichsprobe stand in Zimmertemperatur bis nach vollendetem Auffangen des durchgegangenen Blutes; dann wurden beide in Eis gestellt. Nach vollendetem Versuch begann ich die Auspumpung mit der durchgegangenen Probe. — Auspumpung und Analyse geschahen übrigens nach den bekannten Methoden dieses Institutes.[2])

1.

Der Fundamentalversuch, der sich zuerst der Ausführung darbot, war die Durchleitung von kühlem, O-haltigem, defibrinirtem Blute durch die Lunge.

Die erste charakteristische Erscheinung dabei ist, dass das hellroth arteriell einströmende Blut dunkel venös aus der Lunge heraustritt. Die Aenderung der Farbe ist immer deutlich, besonders auffallend aber, wenn die Geschwindigkeit der Durchleitung eine geringe gewesen war.

Schon dieser Farbenwechsel des Blutes weist auf eine bedeutende Aenderung in seinem Gasgehalte, des Näheren seiner O-Menge. Zwar kann bekanntlich die Farbe des Blutes direct nicht maassgebend für seinen Gasgehalt sein, insofern, wie Herr *Pflüger* nachweist, bei verschiedenen arteriellen Blutarten das dunklere den grösseren O-Gehalt besitzt; aber bei demselben Blute ist die Menge des O immer entscheidend für seine Farbe.[3]) Daraus folgt, dass das durch die Lunge geströmte Blut eine gewisse Menge seines O eingebüsst hat.

Die nähere Kenntniss der Vorgänge konnte erst die Analyse des Gasgehaltes vor und nach der Durchströmung, des »Arterien-« und »Venenblutes« geben. Für die Ableitung der Erscheinungen theile ich zunächst die Ergebnisse einer Anzahl

---

1) Arbeiten etc. II, 49. 51. 52.
2) Arbeiten etc. II, 33. 34. 119.
3) *Pflüger*, Archiv für Phys. I, 69—79.

Versuche mit. Sie sind nach der beschriebenen Methode gewonnen. Es waren beide Lungen angewendet, die venöse Canüle sass im Vorhof; die nähern Verhältnisse sind in den Tabellen mit enthalten. Die Geschwindigkeit bezieht sich auf die Minute, der Druck auf Quecksilber.

Tabelle I enthält die Resultate einer einmaligen Durchleitung; die Geschwindigkeit ist immer sehr klein.

I.

No.	Blutart	O	CO_2	N	Geschw.	Druck
1.	Arterienbl.	15.32	20.74	1.62	2	15
	Venenbl.	13.94	21.75	2.23		
2.	Arterienbl.	18.49	21.26	1.52	2	15—20
	Venenbl.	16.84	22.78	2.32		
3.	Arterienbl.	16.61	19.31	1.68	2	7—10
	Venenbl.	14.92	20.22	1.92		
4.	Arterienbl.	14.23	20.02	1.44	3	5
	Venenbl.	11.47	21.17	1.88		

Tabelle II gibt die fractionirten Ergebnisse einer einmaligen Durchleitung. Hier flossen zwischen je zwei Auffangszeiten 40 Cmt. Blut in's Freie, ebenso viel wurden in dem Cylindergefässe *S* aufgefangen. Das Arterienblut *a* ist zu Anfang, das mit *b* bezeichnete zu Ende des Versuches gewonnen. Die beiden letzten Proben konnten erst am Tage nach dem Versuche ausgepumpt werden; sie zeigen in Folge dessen einen zu geringen O-Gehalt und werden darum im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

II.

No.	Blutart	O	CO_2	N	Geschw.	Druck
5.	Arterienbl.	17.42	16.91	0.65		
	Venenbl.	15.55	17.82	1.99	2	5—10
		15.69	18.03	2.15		10—15
		15.78	17.89	2.08		15—20
		15.18	17.86	2.06		15—20
	Arterienbl.	17.01	16.81	1.87		

Tabelle III endlich gibt die Resultate zweier Versuche mit grösseren Geschwindigkeiten und wiederholter Durchleitung desselben Blutes. Eine einzelne Durchleitung würde bei sehr grossen Geschwindigkeiten eine nur sehr geringe Aenderung im Gasgehalt hervorbringen, die analytischen Fehler würden daher hier relativ sehr gross. Andererseits konnte eine wiederholte Durchleitung in analoger Weise fractionirt werden wie die eben mitgetheilte und darum neue Vergleichspuncte bieten. Zur Erzielung der Wiederholung war der schon von Herrn *A. Schmidt* bei der Niere benützte Stromwender in ganz analoger Weise, wie es dort geschehen war, eingeschaltet.[1]) Die Gefässe *S* und *T* waren durch ein dem Gefässpaar *B* und *C* ganz gleiches ersetzt; das Auffangen der Blutprobe geschah aus einem der Gefässe *B*. Diese Modification der Versuchsanordnung bedingt, dass die Durchflussgeschwindigkeit hier nicht in solcher Constanz erhalten werden konnte, wie es in den obigen Versuchen der Fall war. — Bei dem Venenblut ist je die Anzahl der Durchleitungen angedeutet.

III.

No.	Blutart	O	CO_2	N	Geschw.	Druck
6.	Arterienbl.	14.49	16.61	1.81	12.3	45—55
	Venenbl. (2)	12.00	17.32	1.93		
7.	Arterienbl.	14.66	18.88	1.38	27	10—15
	Venenbl. (6)	11.01	20.18	1.23		
	Venenbl. (9)	9.49	21.10	1.82	24	

Aus diesen Tabellen ergeben sich zunächst unmittelbar die folgenden Sätze.

1) Wie aus der Farbenänderung des Blutes abgeleitet, erleidet der O-Gehalt des durchströmenden Blutes eine beträchtliche Verminderung. Dass diese Abnahme nicht etwa Folge anwesender Säuren sein kann, ist bei der schon hervorgehobenen Alcalescenz der Lungen klar. Die Lunge hat also das Vermögen, den O des Blutes in festere Verbindungen überzuführen. Im Versuche konnte keine Gelegenheit zur Aufnahme von O ge-

1) Arbeiten II, 117.

geben sein. Die numerischen Werthe der O-Abnahme, die ich für eine genauere Einsicht in die Art dieses Verbrauches hier zusammenstelle, sind daher bis auf die analytischen Fehler richtig.

No.	Absoluter O-Verbrauch in 100 Blut	Absoluter O-Verbrauch auf 100 O	O-Verbrauch in 1 Minute von 100 Blut	O-Verbrauch in 1 Minute auf 100 O	Geschw.
1.	1.38	9.01	0.028	0.180	2
2.	1.65	8.92	0.033	0.178	2
3.	1.69	10.17	0.034	0.203	2
4.	2.76	19.39	0.083	0.582	3
5.	1.87	10.73	0.037	0.215	2
	1.73	9.93	0.035	0.199	2
	1.64	9.41	0.033	0.188	2
6.	2.49	17.18	0.153	1.057	12.3
7.	3.65	24.90	0.164	1.121	27
	1.52	13.80	0.122	1.104	24

Die Zahlen dieser Tabelle sind zwar nicht unmittelbar mit einander zu vergleichen, da die von Versuch zu Versuch verschiedenen Eigenthümlichkeiten sowohl der Lungen als des Blutes wesentliche Verschiedenheiten bedingen konnten. Dies muss nicht nur von der grösseren oder geringeren Masse der Lungen gelten, sondern auch von dem Grade der Lebhaftigkeit ihrer Lebensprocesse in normaler Lage im Organismus und von der Vollkommenheit ihrer Conservirung bis zur eigentlichen Durchleitung. In analoger Weise kann der Gehalt des Blutes an diesen oder jenen leicht verbrennlichen Stoffen den grössten Einfluss haben. Vergleicht man aber zunächst in der Anzahl von Versuchen, die unter gleicher Durchflussgeschwindigkeit ausgeführt sind (2 Cbcmt.) die O-Mengen, welche 100 Cbcmt. Blut in einer Minute verbrauchen, so erreichen in Wirklichkeit die befürchteten Schwankungen nicht einmal den Werth 0.01. Die procentischen Mengen des in der Zeiteinheit verbrauchten O schwanken um nicht mehr als 0.04. — Eine eingehendere Discussion lässt nun des Näheren eine Gesetzmässigkeit der Zahlen nach zwei Richtungen erkennen.

Die Zahlen der Versuchsreihen 5 und 7, die je an derselben Lunge gewonnen sind, zeigen beide eine stetige Abnahme des O-Verbrauchs. Da sie nach der Zeit geordnet sind, während welcher die Lunge zum Versuche diente, so folgt daraus, dass

der O-Verbrauch, welchen das die herausgeschnittene Lunge durchströmende Blut erfährt, in einer gewissen Abnahme begriffen ist. Im Versuch 5 ist diese Abnahme eine sehr unbedeutende, im Versuch 7 fällt sie erheblicher aus, was mit der gleichzeitigen Verminderung des O-Gehaltes des Blutes zusammenhängen mag.

Ordnet man die Zahlen der Tabelle nach den Geschwindigkeiten, so zeigt sich, dass den grössten Werthen der letzteren ein sehr viel grösserer O-Verbrauch entspricht. Wäre nun in dieser Reihenfolge nichts geändert als eben die Geschwindigkeit, so könnte dies sofort als auf einem Causalzusammenhang beruhend aufgefasst werden. Es sind aber, da die Geschwindigkeiten verschiedenen Versuchen angehören, sowohl Lunge als Blut andere geworden, und es frägt sich daher, wie viel von jenen Unterschieden durch diese Aenderung bedingt sein konnte. Hier ergibt sich nun sofort, dass bei gleicher Geschwindigkeit die Differenzen des O-Verbrauches in den verschiedenen Versuchen sehr viel geringer sind als die Differenzen bei den verschiedenen Geschwindigkeiten. Wie schon hervorgehoben, erreichen jene auf die Zeiteinheit und 100 Cbcmt. Blut bezogen nie 0.01, diese halten sich immer über 0.1. Dies berechtigt zu dem Schlusse, dass analog wie beim Muskel [1]) mit der Stromgeschwindigkeit der O-Verbrauch wächst. — Zu diesem Satze würden Versuche mit Variation der Geschwindigkeit an demselben Präparate in analoger Weise wie sie die Herren *Ludwig* und *Schmidt* am Muskel ausführten, directer führen; doch ist bei dieser Methode die sehr geringe Grösse der Aenderungen im Gasgehalt wohl hervorzuheben, die auch hier eine mehrmalige Durchleitung des rascher strömenden Blutes verlangte.

Reducirt man den absoluten O-Verbrauch bei den wiederholten Durchleitungen unter grösserer Geschwindigkeit auf eine einmalige Durchleitung, so ergibt sich, dass das rascher fliessende Blut einen geringeren O-Verlust erleidet, als das langsam strömende. Dies lässt sich auch dahin fassen, dass der O-Verbrauch um so grösser ist, je grösser der ursprüngliche Gehalt an O ist.

2) Der CO_2-Gehalt des durchströmenden Blutes erhöht sich.

1) *Ludwig* u. *Schmidt*, Arbeiten III, 31.

Fehler in diesem Zuwachse sind in verminderndem Sinne möglich. Erheblich konnten sie nicht ausgefallen sein, das zeigt der sich nicht ändernde Stand der Manometer des Lungen- und künstlichen Pleuraraumes. Gerade aus diesem Grunde macht jedoch die gleich näher anzuführende N-Aufnahme das wirkliche Vorhandensein eines geringen CO_2-Austrittes zweifellos. Wenn demnach die Zahlen der folgenden Zusammenstellung alle etwas zu klein sind, so dürften doch ihre Abweichungen gering genug sein, um die Ableitung der gesetzmässigen Beziehungen der CO_2 nicht zu verhindern.

No.	Absolute CO_2-Bildung in 100 Blut	Absolute CO_2-Bildung auf 100 CO_2	CO_2-Bildung in 1 Minute von 100 Blut	CO_2-Bildung in 1 Minute auf 100 CO_2	Geschw.
1.	1.01	4.87	0.020	0.097	2
2.	1.52	7.15	0.030	0.143	2
3.	0.91	4.71	0.018	0.094	2
4.	1.15	5.74	0.035	0.172	3
5.	0.91	5.38	0.018	0.108	2
	1.12	6.62	0.022	0.132	2
	0.98	5.79	0.020	0.116	2
6.	0.71	4.28	0.044	0.263	12.3
7.	1.30	6.89	0.059	0.310	27
	0.92	4.55	0.074	0.364	24

Die Zahlen dieser Tabelle zeigen *cet. par.* etwas grössere Schwankungen als die des O-Verbrauches, was ausser auf den schon angeführten Umständen auf der grösseren Schwierigkeit einer vollständigen Gewinnung der letzten CO_2-Reste des Blutes beruhen mag. Doch ist auch in ihnen in denselben beiden Richtungen wie beim O-Verbrauch eine Gesetzmässigkeit nicht zu verkennen.

Während der Zeit, wo die Lunge aus dem Organismus herausgeschnitten ist, erhielt sich wie aus 5 und 7 hervorgeht, der CO_2-Gewinn des Blutes bis auf geringe Abweichungen auf derselben Grösse. Letztere scheinen aber im Gegensatze zu dem Verhalten des O-Verbrauches auf eine geringe Zunahme zu deuten.

Wie der O-Verbrauch erfährt auch die CO_2-Bildung bei der Steigerung der Stromgeschwindigkeit eine beträchtliche Vergrösserung. Dieser Zuwachs ist aber ein relativ kleinerer als

der des O-Verbrauches; immerhin ist er gross genug, um die Ableitungsweise, die dort gegeben, giltig zu erhalten.

Das Verhältniss des verschwundenen O zu der gebildeten CO_2 ist grösser als 1; es schwankt ungefähr gleich zu beiden Seiten des Werthes $\frac{O}{CO_2} = 2$. — Mit der Geschwindigkeit wächst der genannte Quotient.

3) Auch der N-Gehalt des durchströmenden Blutes erfährt eine Erhöhung. Wo er im Arterienblut schon relativ bedeutend war, fällt diese Vermehrung sehr gering aus; in Versuch 5, wo der Gehalt des einströmenden Blutes an N gering war, ist der Zuwachs ein recht beträchtlicher. Dies weist darauf hin, dass der N einen gewissen procentischen Gehalt, der nicht weit über 2 Cbcmt. liegen konnte, nicht überschreitet. Doch muss dieser Werth von der Spannung der das Blut umspülenden N-Atmosphäre abhängen.

Die Triftigkeit dieser Grundlagen, auf welchen die weiteren Schlüsse auf die Vorgänge in der Lunge beruhen, wird ersichtlich in keiner Weise weder durch die Fehler der Analyse und Auspumpung noch durch die Diffusionserscheinungen oder Unregelmässigkeiten in der Vertheilung der Blutkörperchen erschüttert. Wichtiger ist die Frage, in wie weit die Muskeln des Vorhofes an dem Resultate betheiligt sind. Wenn auch ihre Masse klein ist, so durfte doch zur Elimination ihres Einflusses der Versuch an einer Lunge unter directer Einsetzung der venösen Canülen in die Lungenvenen erwünscht sein. Tabelle IV gibt die Resultate zweier solcher Versuche.

IV.

No.	Blutart	O	CO_2	No.	Geschw.	Druck
8.	Arterienbl.	13.22	19.64	1.67	3.3	15—20
	Venenbl.	12.57	20.00	2.55		
9.	Arterienbl.	14.71	20.07	1.61	10	15—20
	Venenbl.	14.27	20.26	1.79		

No.	O-Verbrauch Absolut	in 100 Blut in 1 Minute	CO_2-Bildung Absolut	in 100 Blut in 1 Minute
8.	0.65	0.021	0.36 ·	0.012
9.	0.44	0.044	0.18	0.018

Die Endresultate dieser Versuche, der O-Verbrauch und der CO_2-Gewinn in 100 Cbcmt. während der Zeiteinheit, sind nur wenig kleiner als die Hälfte der entsprechenden Werthe der beiden früheren Tabellen, in naher Uebereinstimmung mit der Reduction der wirkenden Lungenmasse auf die Hälfte. Der Vorhofmuskel konnte somit einen erheblichen Einfluss nicht gehabt haben und es dürfen daher die gewonnenen Resultate sofort weiter verwendet werden.

Offenbar theilen sich die Resultate in zwei wesentlich verschiedene Gruppen. Das Verhalten des N nimmt eine besondere Stellung ein, während es auf der Hand liegt, die Aenderungen des Gehaltes an O und CO_2 in Beziehung zu einander, resp. zu einem gemeinschaftlichen Vorgang zu bringen.

Die nachgewiesene N-Aufnahme, welche mit der von Herrn *Preyer* [1]) beobachteten N-Vermehrung beim Schütteln des Blutes mit Luft übereinstimmt, wird von hohem Interesse in Hinsicht auf die schon so oft discutirte Frage der N-Resorption in den Lungen des athmenden Thieres. Zwar sind die Verhältnisse des Versuches wesentlich andere als die des normalen Athmungsprocesses, die Lunge war mit nahezu reinem N in Berührung. Jene N-Aufnahme darf daher nicht als Beweis einer Aufnahme bei der Athmung angesehen werden. Wenn aber schon die alten Beobachtungen von *Humboldt*, *Davy*, *Pfaff*, die neueren von *Sanders* [2]) und *Scheremetjewski* [3]) mit grösserer oder geringerer Allgemeinheit eine Aufnahme bei der Respiration ergaben, so dürfte die Natur dieser Aufnahme als eines physiologischen Vorganges nicht mehr zweifelhaft sein.

Der O-Verbrauch und die CO_2-Bildung sind die Folgen eines molecularen Umsetzungsprocesses, welcher während der Durchleitung unter dem Einflusse des Gewebes stattfindet. Die Aenderungen beider können bis auf die Fehler der Analyse nur auf einer Aenderung der Intensität dieses Processes be-

1) Wiener Sitzungsber. 49. 36.
2) Arbeiten etc. II, 74.
3) Arbeiten etc. III, 121.

ruhen. Daraus folgt, dass diese Intensität eine Function der Versuchsdauer und der Stromgeschwindigkeit ist. Die erste Abhängigkeit kann nur dem herausgeschnittenen Organe eigenthümlich sein. Die zweite Beziehung wird dagegen in zweifacher Hinsicht von Wichtigkeit.

Zunächst liefert sie einen neuen Beweis — sollte es anders eines solchen noch bedürfen — dafür, dass die Athmungsprocesse auch in Gefässprovinzen, die nicht dem Muskel angehören, sehr veränderlich sind, dass also der Unterschied, welchen der O-Verbrauch und die CO_2-Bildung bei der Gesammtathmung in den verschiedenen Arbeitszuständen zeigen, nicht allein in den verschiedenen Zuständen der Muskeln bedingt ist.[1] Sie alle variiren ja stets die Geschwindigkeit des Blutstromes.

Weiter ermöglicht die genannte Function die Ableitung eines allgemeinen Satzes über die Natur des Vorganges. Fasst man in's Auge, dass bei der kleinen Geschwindigkeit und dem geringen O-Verbrauch die Lebenseigenschaften der Lunge sich ebenso gut erhalten, wie bei der grossen Stromgeschwindigkeit und dem gesteigerten O-Verbrauch, so ergibt sich auch hier wie beim Muskel, dass unter dem Einflusse des Gewebes Umsetzungsprocesse auftreten, die in keiner Beziehung stehen zur Erhaltung der Lebenseigenschaften derselben.[2]

Die Erscheinungen des O-Verbrauches und der CO_2-Bildung in den Lungen haben nach dem Gesagten eine allgemeine Bedeutung für die Lehre von der Gewebeathmung, namentlich deswegen, weil das Gewebe der Lunge sehr einfach gebaut ist, diese Athmung also hier unter den einfachsten Verhältnissen auftritt. Wie modificirend die Complicirtheit des Gewebes in die Athmung eingreift, zeigt die Umkehrung der Quotienten $\frac{O}{CO_2}$ beim herausgeschnittenen Muskel.[3] Der Einfluss der Stromgeschwindigkeit auf den O-Verbrauch ist dagegen gerade bei diesem Organe entdeckt worden[4]; ihre Bedeutung für die CO_2-Bildung und das Verhältniss des O-Verbrauches zur CO_2-Bildung ist oben hervorgehoben.

1) Vergl. Arbeiten etc. III, 1. 42.
2) Arbeiten etc. III, 35.
3) Arbeiten etc. III, 55 ff.
4) Arbeiten etc. III, 31 ff.

Die genannten Erscheinungen haben aber ein neues Interesse, insofern sie in dem eigentlich athmenden Apparate des Organismus auftreten. Die äussere Athmung macht das venös einströmende Blut arteriell, die innere verwandelt das arterielle in gewissem Grade wieder in venöses; dem entsprechend ist sowohl der Wechsel der Farbe als die Aenderung im Gehalte an O und CO_2 in den beiden Processen gerade der entgegengesetzte. Das Verhältniss der letzteren Aenderungen jedes Processes ist dagegen in beiden wieder dasselbe.

In der Lunge erfolgt also in der That schon ein Theil des grossen Zersetzungsvorganges. Die alte Anschauung von *Mayow* und *Lavoisier* tritt damit wieder in ein gewisses Recht. Freilich ist die Grösse dieser pulmonalen Zersetzung eine sehr geringe gegenüber der Grösse in den übrigen Theilen, namentlich im gesammten Muskelsysteme und die von *Lagrange*, *Spallanzani*, *Edwards* und *Magnus* begründete Lehre behält ihre Richtigkeit in erster Annäherung.

2.

In der Frage nach der Ursache des energischen molecularen Umsetzungsprocesses in den Geweben sind bekanntlich zwei Möglichkeiten offen: Entweder wird der Sauerstoff durch die Einwirkung der Gewebe in jene Modification umgewandelt, in der er, ganz vorzugsweise energisch oxydirend, Verbindungen verbrennt, die er im nicht erregten Zustande nicht angreift. Oder es werden die Moleculargruppen unter dem Einflusse des Gewebes zerspalten, wobei dem gewöhnlichen nicht erregten Sauerstoff in dreierlei Weise Gelegenheit zu energischen Oxydationen gegeben sein kann: 1) Mit schwer zerstörbaren Gruppen tritt er im *status nascens* in Verbindung; 2) es werden leicht oxydable Verbindungen gebildet; 3) es werden einfache Moleculargruppen (z. B. Elemente) ausgeschieden mit hoher Verwandtschaft zum Sauerstoff. — Unterstützend kommt die von Herrn *Pflüger* [1]) hervorgehobene Lockerung des O in den Blutkörperchen hinzu: im O-freien Raum zersetzt sich das Oxyhämoglobin, ein Process, welcher durch die Temperaturerhöhung unterstützt wird, die das vom Herzen in die Gewebe zurückströmende Blut erfährt.

1) Archiv f. Physiol. I, 74. II, 169. 177.

Energische oxydirende Wirkungen des Ozones auf das Blut sind durch die Beobachtungen des Herrn *His* [1]) erwiesen; mit ozonisirter Luft geschüttelt wird das Blut so vollständig oxydirt, dass gar keine Albuminate und wenig organische Stoffe überhaupt bleiben. Andererseits ist das Vorhandensein kleiner Mengen von Ozon im Blute durch Herrn *Schmidt* [2]) hervorgehoben. Nimmt man demgemäss eine Ozonisirung des O unter dem Einflusse der Gewebe an, so entspringt die Frage nach der nähern Natur seiner Wirkungen. Hier werden nun nach den Untersuchungen des Herrn *v. Gorup-Besanez* [3]) zwei Puncte von besonderer Wichtigkeit.

Die Einwirkung des Ozones auf die Albuminate gehört zu den allereingreifendsten Wirkungen desselben. Also müssten die Eiweissstoffe des Blutes und der Gewebe ganz vorzugsweise den zerstörenden Wirkungen des Ozones unterliegen. Bei dem wesentlichen Antheil der Albuminate am Bau der Gewebe sind die Consequenzen dieser Annahme evident.

Die Einwirkung des Ozones auf die ganze Reihe der Kohlenhydrate ist fast ohne Ausnahme Null. Gerade diese aber sind recht eigentlich das Object der Verbrennung und diese ist bei der erwiesenen Kraftleistung dieses Processes von der fundamentalsten Bedeutung für den Organismus. Nun erfahren allerdings eine Anzahl der Kohlenhydrate bei Gegenwart von Alcali durch Ozon eine Zerlegung. Dies also schiene hinreichende Garantien zu bieten für die Möglichkeit der Verbrennung im Thierleibe. Allein die neuesten Versuche des Herrn *Scheremetjewski* [4]) beweisen nur zu sehr, wie unbegründet diese Ausflucht ist: »die Lebhaftigkeit der Athmung wird nicht erhöht durch die Anwesenheit des Zuckers im Blute, — wir haben keinen Grund zu der Annahme, es könne der Zucker als solcher, wenn er dem Blute einverleibt wird, den oxydirenden Vorgängen innerhalb der Gefässe verfallen.« Damit in Uebereinstimmung ist die Beobachtung des Herrn *v. Gorup-Besanez*, dass bei Behandlung der Milch mit Ozon ihr Zucker gar nicht, ihre Fette

1) *His*, Archiv f. path. Anat. u. Phys. v. *Virchow*. X, 483.

2) *Schmidt*, Ozon im Blute. Hämatol. Studien. I, 45. Archiv f. path. Anat. XLII 249.

3) *v. Gorup-Besanez*, Ueber die Einwirk. des Ozon auf org. Verb. Annal. d. Chemie. Bd. 110. Bd. 125.

4) Arbeiten etc. III, 142.

nur äusserst langsam angegriffen werden. Essigsäure und Ameisensäure werden zwar für sich nicht, aber bei Gegenwart von Alcali verbrannt; bei der Durchleitung durch die Gewebe bedingen sie keine Veränderung der Athmung. Ebenso wenig erfährt die Benzoesäure eine Zerlegung, die doch bei Gegenwart von Alcali ebenfalls vollständig durch Ozon verbrannt wird.

Die genauere Analyse der Wirkungen des Ozones auf die organischen Verbindungen zeigt also hinsichtlich der beiden Puncte, welche die allerfundamentalsten für den Organismus sind, des Baues seiner Gewebe und der Arbeitsleistung derselben, die Unmöglichkeit einer Ozonisirung des O durch das Gewebe. Vom Standpuncte der Zerspaltung unter ihrem Einflusse erblicken wir umgekehrt zwei Thatsachen, die eine wichtige Stütze für diese Annahme sind.

Im Muskel ist auch bei Abwesenheit freien O's eine CO_2-Bildung nachgewiesen. Die Herren *Ludwig* und *Schmidt*[1]) fanden bei Durchleitung von Erstickungsblut durch denselben die CO_2-Bildung nahezu ebenso mächtig wie in den Fällen, wo das durchströmende Blut eine merkliche Menge O einbüsste. Im Muskel ist aber kein auspumpbarer O. Daher kann diese CO_2-Bildung doch nicht von einer Oxydation herrühren, es kann der ihr zu Grunde liegende Vorgang nur eine Zerspaltung sein.

Im künstlichen Venenblute der Niere sind durch Herrn *A. Schmidt*[2]) Stoffe nachgewiesen, welche den locker gebundenen O zu fixiren vermögen. Die Menge dieses O, der nach der Absorption durch das Nierenvenenblut nicht mehr durch Auspumpung gewonnen werden konnte, betrug in einem Falle die Hälfte des auspumpbaren Blut-O; dafür waren 2.29 Cbcmt. CO_2 mehr gewonnen. Es ist hienach augenscheinlich, dass unter dem Einflusse des Gewebes aus den schwerer oxydablen Moleculargruppen Verbindungen entstehen, die durch den im Blut vorhandenen nicht ozonisirten O zu Kohlensäure und Wasser verbrannt werden.

Endlich dürfte es erlaubt sein, zwei andere Puncte hervorzuheben, welche der Ansicht von der Zerspaltung der Moleculargruppen theils eine hohe Wahrscheinlichkeit, theils eine Analogie zu einer bekannten Contact-Wirkung der Gefässwandungen

1) Arbeiten III, 59.
2) Arbeiten II, 126.

verleihen. Es wurde oben nachgewiesen, dass bei der Durchleitung von Blut durch die Lunge der Quotient aus dem O-Verbrauch durch die CO_2-Bildung mit der Stromgeschwindigkeit wächst. Diese Beobachtung ist mit der Annahme der reinen Verbrennung der Stoffe durch den ozonisirten O nur unter künstlichen und darum unwahrscheinlichen Unterstellungen vereinbar. Aus der Annahme der Zerspaltung ergibt sie sich, wie unten gezeigt werden soll, leicht. — Die Gerinnung des Blutes ist bekanntlich dann und (ohne weitere Behandlung) nur dann verhütet, wenn das Blut mit den Gefässwänden in Berührung ist. Ist also hier eine Contactwirkung nachgewiesen, warum soll sie nicht auch in der andern, der charakterisirten Richtung sich äussern können?

Nach Allem dürfte die discutirte Frage bereits als eine erledigte angesehen werden. Ein *experimentum crucis* steht aber zu Gebote in der Zerlegung einer Moleculargruppe, wo die Menge des bei der Verbrennung verbrauchten O in einem bekannten Verhältniss stehen muss zu einem vollständig gewinnbaren Verbrennungsproducte. Solche Verbindungen sind die Kohlenhydrate und die analog zusammengesetzten Körper, die unter ebensoviel O-Verbrauch als CO_2-Bildung zu CO_2 und Wasser vollständig verbrannt werden. Der O-Verbrauch und die CO_2-Bildung lassen sich aber in dem durch das Gewebe strömenden Blute mit Genauigkeit ermitteln. Sind also hier die Volumina des O-Verbrauches und der CO_2-Bildung verschieden, so ist dies ein unumstösslicher Beweis dafür, dass die Zerlegung nicht eine Verbrennung sein konnte. Ist das Verhältniss der Volumina aber = 1, so ist dies ein Beweis weder für die eine noch für die andere Ansicht. Denn es wäre hier immer noch denkbar, dass erst unter einer durch das Gewebe eingeleiteten Zerspaltung die Vereinigung des O mit gewissen Molecülen in oben angedeuteter Weise stattgefunden und durch die vollständige Oxydation dieser intermediären Verbindungen erst eine solche der ursprünglichen ermöglicht wurde.

Unter diesen Körpern ist nun für die Entscheidung unserer Frage speciell die Gruppe von besonderer Wichtigkeit, welche nachweislich häufig in grösseren Mengen im Organismus vorkommt. Eine solche Verbindung ist die Milchsäure; sie wird nicht nur in der Nahrung dem Thierleibe zugeführt, sondern auch

in seinen Organen bei der Function derselben reichlich gebildet, während sie nur in sehr geringer Menge im Harne erscheint. Sie geht also jedenfalls im lebenden Organismus eine Zerlegung ein. Im nachgeahmten Processe der Zerlegung, welche durch ihre Einverleibung in das ein herausgeschnittenes Organ durchströmende Blut erzielt wird, dürfen wir aber wohl mit Recht den nämlichen Vorgang erwarten.

Nun hat bekanntlich schon Herr *Scheremetjewski*[1]) die Milchsäure diesem Versuche unterworfen. Er versetzte das kühle defibrinirte O-haltige Blut mit einer gewissen Menge einer wässerigen Solution von milchsaurem Natron und leitete abwechselnd das Normalblut und das Milchsäureblut durch die Niere des Hundes. Aus dem Unterschied, den die Aenderung des Gehaltes des Blutes an O und CO_2 in den beiden Fällen zeigte, liess sich dann leicht die gesuchte Beziehung ableiten: der Quotient dieser Differenzen drückte ja unmittelbar das gewünschte Verhältniss aus. Er fiel in drei unter vier Fällen nahe der Einheit gleich aus. — Für die Beweiskraft der Ergebnisse solcher Versuche ist zunächst der schon erwähnte Punct zu berücksichtigen: sie werden nicht mehr entscheidend, sobald jener Quotient der Einheit gleich kommt. Für die Versuche an der Niere werden speciell zwei andere Puncte wichtig. Die Niere war zwar in ein luftdichtes Gefäss eingeschlossen, zwischen ihrer Oberfläche und den Wänden desselben blieb aber immer noch ein beträchtlicher Raum. Eine Abgabe von CO_2 nach Aussen war also immer vorhanden. Während der Durchleitung schwillt die Niere beträchtlich an; dieser Austritt von Serum in das Parenchym muss aber nicht nur jene CO_2-Diffusion aus dem Organ erhöhen, sie führt zu einer beträchtlichen relativen Blutkörperchenvermehrung im ausströmenden Blute. Der Gesammteinfluss zeigte sich in den Versuchen des Herrn *Schmidt*[2]) in einem Falle als ein CO_2-Verlust von 2,5 Cbcmt. in 100 Cbcmt. Blut. Nun sind allerdings die benützten Zahlen Resultate von Differentialversuchen. Beide Processe brauchten aber keineswegs für das Normalblut und das Milchsäureblut in gleichem Maasse abzulaufen, denn letzteres war nicht unerheblich verdünnt. Alle diese Puncte gestatten nicht, die Ergebnisse der

---

1) Arbeiten III, 114.

2) Arbeiten II, 128 129.

Versuche des Herrn *Scheremetjewski* für eine Entscheidung der angeregten Frage zu benützen. Es war gefordert die Versuche an einem Organe wieder aufzunehmen, das bei grösserer Einfachheit in der Structur eine vollständige Gewinnung der CO_2 erlaubte. Die Lunge genügte beiden Forderungen; ich habe daher an ihr eine Anzahl solcher Versuche angestellt.

Die Anordnung der Versuche war dieselbe, wie in den früher beschriebenen Versuchen. Wie dort begann auch hier der Versuch mit der Gewinnung des Blutes. Nach seiner Defibrination wurde dieses zunächst in ein grösseres Quecksilbergefäss aufgefangen und erst nach sorgfältigem Schütteln durch ein Gabelrohr zwei Dritttheile der Menge in zwei andere Quecksilbergefässe übergeführt. Alle drei Blutquanta blieben jetzt in genauestem Abschluss von Luft. — Das milchsaure Natron, auf gewöhnliche Weise durch Sättigung der verdünnten Säure mit wiederholt durch Umkrystallisiren gereinigtem $Na_2\,CO_3$ bis zu genau neutraler Reaction dargestellt, wurde in einer Lösung von 43,1 Milligr. auf 1 Cbcmt. Wasser der einen Blutmenge zugefügt. Auf je 20 Cbcmt. Blut fiel 1 Cbcmt. der Solution.

War die erste Durchleitung von normalem Blut in der üblichen Weise vollendet, so dass erst nach dem Ausfliessen einer gewissen Menge Blutes in's Freie die schliessliche Sammlung in dem cylindrischen Gefässe *S* erfolgt war, so wurden die Gefässe *B* und *S* durch die beiden andern rasch vertauscht, die für Durchleitung und Auffangen des mit milchsaurem Natron versetzten Blutes bestimmt waren. Diese Durchleitung geschah unter besonderer Berücksichtigung gleicher Geschwindigkeit wie im ersten Falle. Das Sammeln des Venenblutes erfolgte immer erst nachdem eine Blutmenge (40 Cbcmt.) durchgeströmt war, welche zu der Annahme berechtigte, dass jetzt alles Normalblut durch das Milchsäureblut verdrängt sei. Endlich schloss sich in entsprechender Weise die Durchleitung der zweiten Quantität Normalblut an.

Das Auffangen der arteriellen Blutprobe geschah immer unmittelbar vor Beginn der Durchleitung nach sorgfältigem Schütteln der Blutmenge; sie blieb bis nach Vollendung dieser einen Durchleitung in Zimmertemperatur; dann wurde sie zusammen mit dem venösen Blute im Sammelgefässe bis zur Auspumpung in Eis aufbewahrt. — Die Reihenfolge der Auspumpungen war so, dass allfällige Veränderungen des Blutes in

einem das Endresultat verkleinernden Sinne ausfallen mussten. Demgemäss folgte dem Milchsäureblut das Normalblut und dem venösen das arterielle.

Den eigentlichen Versucheresultaten kann ich eine Bestätigung der von Herrn *Scheremetjewski* gemachten Beobachtung vorausschicken, dass ein Zusatz von neutralem milchsaurem Natron zum Blute keine Aenderung im Gasgehalte desselben bedingt. Dies gilt auch für das Blut, das eine beträchtliche Zeit (24^h) mit der Lösung versetzt, in Eiswasser aufbewahrt war. Hievon überzeugte mich ein Controlversuch, den ich jedoch, da sich das Verhältniss auch in der folgenden Tabelle ausspricht, übergehen kann. Ich bemerke indessen, dass es auch bei sorgfältigster Beobachtung aller Vorsichtsmaassregeln beim Versuch der Auspumpung und Analyse nur selten gelingt, die beiden normalen Blutmengen in ganz gleichem Gasgehalte zu erhalten; dementsprechend zeigt auch das arterielle Milchsäureblut bisweilen geringe Abweichungen vom arteriellen Normalblut, die nicht allein von jener continuirlichen Aenderung im Gaswechsel herrühren dürften.

Die folgende Tabelle gibt die Resultate dreier Versuche wieder. Die ersten zwei sind an den beiden Lungen, der dritte nur an der einen angestellt. Bei dem letzteren fehlt die Analyse des arteriellen Milchsäureblutes. Es wurde an seine Stelle der Gehalt des arteriellen Normalblutes gesetzt, was nach den eben gemachten Bemerkungen und einem Vergleiche mit dem zweiten arteriellen Normalblute wohl erlaubt war. — Die Blutarten folgen sich in der Reihe der Durchleitungen.

V.

No.	Blutart	O	CO_2	N	Geschw.	Druck
1.	N. Art.	16.61	19.31	1.68	2	7—10
	Ven.	14.92	20.22	1.92		
	M. Art.	16.70	19.11	1.75	2	10
	Ven.	14.36	22.62	2.31		
	N. Art.	16.19	20.19	1.96	2	15—20
	Ven.	13.88	22.22	2.48		

No.	Blutart	O	CO_2	N	Geschw.	Druck
2.	N. Art.	14.23	20.02	1.44	3	5
	Ven.	11.47	21.17	1.88		
	M. Art.	14.49	19.97	1.76	3	
	Ven.	11.12	23.90	1.73		
	N. Art.	14.91	20.76	2.00	3	
	Ven.	11.97	23.21	2.69		
3.	N. Art.	13.22	19.64	1.67	3.3	15—20
	Ven.	12.57	20.00	2.55		
	M. (Art.	13.22	19.64	1.67)	3.3	20—25
	Ven.	12.63	20.21	2.16		
	N. Art.	13.28	19.19	1.40	3.3	25—30
	Ven.	12.85	19.50	2.32		

Für die nähere Ableitung der Erscheinungen theile ich zunächst die aus den Versuchsdaten der Tabelle V abgeleiteten numerischen Werthe mit. Sie beziehen sich alle auf die Minute als Zeiteinheit.

No.	Blutart	O-Verbrauch	Differenz	CO_2-Bildung	Differenz	Verhältn. der Differenzen
1.	Normal.	0.034		0.018		
	Milchs.	0.047	0.013	0.070	0.052	1 : 4
	Normal.	0.046	0.012	0.041	0.023	
2.	Normal.	0.083		0.035		
	Milchs.	0.101	0.014	0.120	0.085	1 : 6
	Normal.	0.089	0.006	0.074	0.039	
3.	Normal.	0.021		0.012		
	Milchs.	0.020	0.002	0.019	0.008	1 : 4
	Normal.	0.014		0.010		

Diese Zusammenstellung ergibt unmittelbar die folgenden Sätze.

1. Durch den Zusatz des milchsauren Natron zum Blute wird sowohl der O-Verbrauch als die CO_2-Bildung in dem die Lunge durchströmenden Blute erhöht. Ein Vergleich der ersten Durchleitung von normalem und derjenigen von Milchsäure haltigem Blute lässt in Versuch 1 und 2 dieses Verhältniss sofort erkennen; im 3. Versuche, wo eine Abweichung zu bestehen scheint, lehrt ein Blick auf die zweite Durchleitung von Normalblut, dass die Gasänderung überhaupt bei diesem Präparate in

einer relativ raschen Abnahme begriffen war. Es dürfte daher hier für den Vergleich richtiger das Mittel aus den Aenderungen der Gasgehalte während beider Durchleitungen von normalem Blute gewählt werden.

2. Das Verhältniss des Mehr-Verbrauches des O durch die Mehr-Bildung von CO_2 ist durchweg kleiner als 1. Es ist also gerade das entgegengesetzte wie das Verhältniss des O-Verbrauches durch die CO_2-Bildung bei der Durchleitung von Normalblut und weicht soweit von der Einheit ab, dass es das Verhältniss des O-Verbrauches durch die CO_2-Bildung bei der Durchleitung von Milchsäureblut ebenfalls umkehrt. Das genannte in dem letzten Stabe angedeutete Verhältniss wird für die Folge von um so bedeutenderer Tragweite, als es zu Gunsten des CO_2 ausfällt, also einen Ueberschuss in dem Theil anzeigt, der möglicherweise durch Diffusion noch eine kleine Verminderung erfahren hat.

3. In den beiden ersten Versuchen zeigt sich auch bei der zweiten Durchleitung von Normalblut noch ein deutlich ausgesprochenes Mehr in dem O-Verbrauch und der CO_2-Bildung relativ zur ersten Durchleitung, und auch hier ist der Ueberschuss in der CO_2-Bildung der grössere. Der dritte Versuch fällt aus schon angegebenen Gründen bei diesem Vergleiche weg; doch deutet auch hier die geringere Abnahme der CO_2 auf ein ähnliches Verhalten hin, das eben nur durch die Gesammtabnahme der Gasänderungen verdeckt wird.

Diese drei direct abgeleiteten Sätze werden nun die Grundlage für die weiteren Schlüsse hinsichtlich der Zerlegung des milchsauren Natrons unter dem Einflusse des Lungengewebes. Der erste von ihnen zeigt zunächst, dass das milchsaure Natron in der That während der Durchströmung eine Zerlegung erfährt. Das übereinstimmende Resultat der drei Versuche und ein Blick auf das Verhältniss der Zahlen in der fractionirten Durchleitung der Tabelle II lassen keinen Zweifel, dass das Mehr im O-Verbrauch und CO_2-Bildung durch die Anwesenheit des milchsauren Natron bedingt ist; und dass es Folge einer Zerlegung des letzteren unter dem Einflusse des Gewebes ist, folgt weiter aus der Unveränderlichkeit des Gasgehaltes bei blosem Zusatz von milchsaurem Natron.

Hienach sind die Differenzen in dem O-Verbrauch und der CO_2-Bildung bei der Durchleitung von Normal- und Milchsäure-

blut durch die Umsetzung des milchsauren Natron bedingt. Dann aber folgt aus dem zweiten, ihr Verhältniss ausdrückenden Satze, dass diese Zerlegung unmöglich eine Verbrennung sein kann. Nur in dem Falle, wo es = 1 wäre, könnte eine Verbrennung vorliegen; hier erscheinen aber auf 1 Vol. verbrauchten O 4—6 Vol. erzeugte CO_2. Die durch den Einfluss des Gewebes angeregte Zerlegung des milchsauren Natron kann also nur eine Zerspaltung sein.

Um anzudeuten, wie man sich diese Zerspaltung möglicherweise zu denken hat, will ich an die längst bekannte Zerspaltung der Milchsäure in Buttersäure, Kohlensäure und Wasserstoff erinnern. Diese erfolgt unter dem Einflusse thierischer Substanzen und das zur Verwandlung des H in Wasser geforderte O-Volum verhält sich zu dem gebildeten CO_2-Volum = 1 : 4. Diese Uebereinstimmung wird um so überraschender, als im Blute wirklich Buttersäure nachgewiesen ist. Nicht weniger würde das gleichzeitige Vorhandensein von Zucker, Milchsäure und Buttersäure in den Muskeln in sichtlichen Causalzusammenhang gebracht. Gleichwohl möchte ich ausdrücklich hervorheben, dass nichts berechtigt, d i e s e Zerspaltung gerade als die vorhandene anzusehen.

Die Erhöhung der Gasänderungen, welche auch bei der zweiten Durchleitung von Normalblut noch in gleichem Sinne vorhanden ist, weist wohl darauf hin, dass während der Durchleitung des Milchsäureblutes eine gewisse Menge von dem milchsauren Natron in das Gewebe diffundirte und hier erst allmälig einer vollständigen Zerspaltung erlag. Sie zeigte sich auch in den Versuchen des Herrn *Scheremetjewski*.

Wenn auch die Zahl der angestellten Versuche mit Milchsäure eine sehr geringe ist, so ist ihr Resultat doch ein so evidentes, dass der Schluss auf die Natur der energischen Oxydationsvorgänge in den Geweben des Organismus als eines Zerspaltungsprocesses gestattet sein dürfte.[1]) Bei diesen Vorgängen sahen wir aber oben immer mehr O verschwinden als CO_2 erscheinen, eine Beobachtung, die freilich kein Widerspruch zu dieser Annahme ist, sondern nur auf einer vorzugsweise anderen Natur der sich zerspaltenden Körper beruhen mag. Ja man

1) Vergl. *Ludwig*, Physiol. II, 471 472. 473.

könnte umgekehrt gerade das beim Muskel beobachtete entgegengesetzte Verhalten des genannten Quotienten als eine Bestätigung der Ansicht ansehen: hier ist der Zucker vorzugsweise angehäuft; schon Herr *Ludwig* weist in seiner Abhandlung über die Versuche des Herrn *Scheremetjewski* darauf hin, dass er höchst wahrscheinlich unter dem Einfluss des Muskelgewebes erst in Milchsäure zerlegt werden müsse, ehe eine weitere Zerlegung erfolge. Also müsste im Muskel vorzugsweise Milchsäure zur Zerspaltung kommen und die Umkehrung des $\frac{O}{CO_2}$ war zu erwarten. Im lebenden Organismus kommt der die Leistungsfähigkeit bedingende Vorgang übercompensirend hinzu.

Nach alle dem hat man sich einen Theil der unter dem Einflusse der Gewebe vor sich gehenden molecularen Umsetzungen als eine Zerspaltung zu denken, bei der eine zu der CO_2-Bildung relativ variable O-Menge verbraucht wird. Ein Product dieser Zerspaltung wird immer eine einfachere, aber eigenthümliche neue Verbindung sein. Im *status nascens* dieser Moleculargruppe mag den noch nicht verbrauchten O-Molecülen Gelegenheit gegeben sein, sich eines Theiles derselben zu bemächtigen und so eine vollständige Verbrennung einzuleiten. Dies würde die Variation des Verhältnisses des O-Verbrauches zur CO_2-Bildung in demselben Blute erklären. Es ist klar, dass 1) mit dem grösseren O-Gehalt des Blutes diese Verbrennung umfangreicher und daher diese Aenderung grösser werden muss, und dass 2) mit der Stromgeschwindigkeit die noch vorhandene O-Menge wächst. Darauf dürfte das oben hervorgehobene Wachsen des Quotienten $\frac{O}{CO_2}$ mit der Stromgeschwindigkeit hinauslaufen.

Ein anderer Theil der durch die Gewebe angeregten molecularen Umsetzungen ist aber eine katalytische Zerspaltung ohne allen weiteren O-Verbrauch. Dies geht hervor aus der von den Herren *Ludwig* und *Schmidt* beobachteten CO_2-Bildung im Erstickungsblut, das durch den Muskel geleitet wird. In der Niere ist zwar diese CO_2-Bildung nicht nachgewiesen. Dafür hat Herr *Schmidt* hier die Bildung von Stoffen dargethan, welche den locker gebundenen O zu fixiren vermögen. Diese Stoffe dürften die bei der Zerspaltung sich bildenden neuen Verbindungen sein.

Geht man umgekehrt von den Erscheinungen dieser molecularen Umsetzungen im Gasgehalte des Blutes aus, so muss man sagen: Der O-Verbrauch kann immer nur auf eine gewisse Gruppe moleculärer Umsetzungen bezogen werden, bei der CO_2-Bildung kommen aber immer die beiden, wo die Zerspaltung unter oder ohne Gegenwart von O möglich ist, in Betracht. Je nach dem Gehalte des Blutes und Gewebes an der ersten Gruppe wird der O-Verbrauch sich gestalten, je nach ihrem Gehalt an der ersten und zweiten die CO_2-Bildung.

Nun hat sich bei der Lunge das Verhältniss des verbrauchten O durch die gebildete CO_2 als > 1 herausgestellt. Andererseits hat die Lunge die Fähigkeit, Gruppen zu zerlegen, wo mehr CO_2 gebildet als O verbraucht wird, dies geht aus den Milchsäureversuchen hervor. Daraus folgt, dass im defibrinirten Blute Moleculargruppen, die ohne Gegenwart von O zerspalten werden, in erheblichem Maasse nicht vorkommen. Wenn daher im Muskel mehr CO_2 gebildet als O verbraucht wird, so müssen diese Stoffe, die vorzugsweise CO_2 liefern, bei geringer O-Verzehrung eben im Muskel vorhanden sein oder erst gebildet werden; der Muskel versieht hier die Rolle, die oben der Experimentator im Zusetzen von Milchsäure spielt. Dies weist von Neuem auf die dem Muskel eigenthümliche Kraft, den Zucker zu zerlegen.

Hinsichtlich ihrer Bedeutung für den Organismus zerfallen die charakterisirten Vorgänge in drei Gruppen: 1) moleculare Umsetzungen, die zu den Lebenseigenschaften der Gewebe nichts beitragen: 2) solche, welche für die Erhaltung der Lebenseigenschaften dienen, 3) solche, welche die Function des Organes vermitteln.

Der Gasaustausch des Blutes, das ein Gewebe durchströmt, ist also 1) im functionirenden Organe die Resultante aller drei, 2) im nicht functionirenden, aber lebenden Organe die Resultante der zwei ersten Vorgänge. Sollte sich, anschliessend an die Beobachtung, dass ein Theil der Processe nichts zu den Lebenseigenschaften beiträgt, die weitere Frage: sind die Lebenseigenschaften die nothwendige Bedingung für das Zustandekommen dieser Zerspaltungen? verneinen, so wäre 3) der Gaswechsel im todten aber nicht faulenden Organe das Product der ersten Umsetzungen allein.

Die erste Gattung von Zerspaltungen nimmt eine neue und

fundamentale Stellung ein im ganzen Organismus. Ihre Wichtigkeit liegt in ihrer Abhängigkeit von der Stromgeschwindigkeit: dadurch werden sie recht eigentlich ein Selbstregulator für die Intensität des ganzen grossen Zerlegungsprocesses. Denn die Stromgeschwindigkeit bestimmt sich ja selber durch das Bedürfniss nach solchen Zerlegungen.

Da bei der Lunge die zweite Art von Vorgängen vermuthlich keine grosse Intensität erlangt, so mag der nachgewiesene Gaswechsel als vorzugsweise von der ersten Art von Vorgängen herrührend angesehen werden. Es bleibt durch genaue Vergleichung am lebenden und todten Organe der Gaswechsel, der durch die Lebenseigenschaften bedingt ist, festzustellen. Die dritte Reihe von Processen setzte eine Betheiligung des Lungengewebes an der Athmung nach Art einer Drüse voraus — eine Frage, die selber erst ihre Erledigung finden muss.

II. Ueber die äussere Athmung in der Lunge.

Die molecularen Umsetzungen, welche beim Durchströmen des Blutes in der nicht respirirenden Lunge stattfinden, müssen auch in der respirirenden erfolgen. Dort bedingten sie eine Aenderung des Gasgehaltes des Blutes, hier müssen sie die Ausscheidung der Gase mit bestimmen. Geht man also umgekehrt von den Endproducten dieser Ausscheidung aus, so sind sie immer aufzufassen als das combinirte Resultat der Ausscheidung, die ohne jene Processe stattgefunden hätte, und des Gaswechsels, der durch dieselben bedingt ist. Und fragt man sich weiter, ist das Lungengewebe am Athmungsprocesse betheiligt, so muss die Antwort bejahend ausfallen.

In der That, denken wir uns das venöse Blut strömen auf der einen Seite durch einen überall begrenzten, dem Lungenraume gleichen Luftraum, auf der andern Seite durch eine mit atmosphärischer Luft gefüllte, aber von der äussern Luft abgeschlossene Lunge. Im ersten wird es so lange CO_2 abgeben, bis das Verhältniss der CO_2–Menge ausserhalb des Blutes zu derjenigen in ihm ein bestimmtes geworden ist; es wird ebenso O aufnehmen, bis ein analoges Verhältniss eingetreten ist. Die absoluten Mengen hängen, da der Raum unveränderlich sein soll, nur noch von den Eigenschaften des Blutes ab. In der Lunge aber sind diese absoluten Mengen durch die Eigen-

schaften des Blutes und die der Lunge bestimmt und das angedeutete Verhältniss mag zwar für die CO_2 nahe das nämliche sein wie beim Luftraume, für die O-Aufnahme, die keinen Diffusionsgesetzen folgt, muss es ein anderes werden. Die neugebildete CO_2 vermehrt die anfängliche Spannung der CO_2 des Blutes, es muss daher mehr abgeschieden werden, aller für die Oxydationen verbrauchte O trägt nichts zur Sättigung der Blutkörperchen bei, es muss daher eine ebenso grosse Menge O mehr aufgenommen werden. — Beide Modificationen sind Functionen der Stromgeschwindigkeit.

Aber die nachgewiesenen Zerspaltungen treten in eine nähere Beziehung zu der specielleren Frage, ob das Lungengewebe mit einer specifischen Fähigkeit die CO_2 ausscheide. Der überwiegende O-Verbrauch zeigt, dass bei denselben höher oxydirte Verbindungen zu Stande kommen. Wie nun, wenn dies Säuren wären, welche die Kohlensäure des Blutes aus ihren Verbindungen auszutreiben vermöchten?

Die Frage nach dem einer Drüse analogen, specifisch für die CO_2-Ausscheidung eingerichteten Bau der Lungen hat von anderer Seite nicht weniger Wahrscheinlichkeit für sich. Dies gilt schon von dem seit *Darwin's* Lehre so lichtvollen Gesichtspuncte der Zweckmässigkeit, mehr aber von der Spannung der ausgeschiedenen CO_2 in der Lunge und der Schnelligkeit dieser Ausscheidung.

Das Maximum des CO_2-Gehaltes der Alveolenluft nimmt man zu 7.57 an. Die im Peritonaeum in einem Luftraum sich ausscheidende CO_2 fiel in den Beobachtungen von Herrn *Sertoli* [1]) meist beträchtlich geringer aus. Die Secrete enthalten, wenn sie sauer sind, ebenfalls wenig CO_2, nur bei alcalischer Reaction, wo der grösste Theil der CO_2 von Verbindungen chemisch angezogen wird, wird der Gehalt ein grosser; die Spannung der freien CO_2 ist aber auch in diesem Falle gering.[2])

Die Diffusion erfolgt auch aus übersättigten Lösungen nur bei Bewegung und Reibung rasch.[3]) Reibung ist nun allerdings im Gefässsysteme vorzugsweise gegeben: die Kleinheit der Lumina der Capillaren und die Suspension der Blutkörper-

1) *Sertoli, Hoppe-Seiler* med. chem. Unters. III, 350.
2) *Pflüger*, Gase der Secrete, Archiv f. Phys. II, 156.
3) *Schröter*, Pogg. Ann. 137. 76.

chen tragen in gleichem Maasse dazu bei und beiden Momenten mag auch in der That ein noch nicht genügend gewürdigter Einfluss auf die Diffusion der CO_2 zukommen. Aber auch in jenem Luftraume des Peritonaeum erfolgte die Diffusion sehr langsam; ob der anatomische Bau der Lunge jene grosse Geschwindigkeit allein erklärt, bleibt eine willkürliche Frage.

Gleichwohl wollte es noch nicht gelingen, durch directe Beobachtung die CO_2 austreibende Eigenschaft der Lunge darzuthun. Zwar schienen die Versuche des Herrn *Holmgren* anfänglich zu ergeben, dass die CO_2 im Lungenraume eine grössere Spannung erreicht, als sie in einem Luftraume je erreichen kann; aber in späteren Versuchen »erhob sich die Partiarspannung im leeren Raume auf den Werth, den sie in der Lunge besitzt«.[1])

Ich habe daher eine neue Reihe von Versuchen zum Entscheide dieser Frage angestellt. Das Princip derselben liegt in der directen Vergleichung der CO_2-Spannung, welche in der herausgeschnittenen Lunge und einem gegebenen Raume überhaupt erreichbar ist bei Durchleitung desselben venösen Blutes durch beide.

Um die Volumina der Gasräume unveränderlich zu haben, musste der Strombahn ein unveränderliches Volumen gegeben werden, was durch das *Regnault*'sche Princip, das auch Herr *Ludwig*[2]) in seinem Respirationsapparate anwandte, möglich ist. Um die CO_2-Spannung rein zu haben, musste eine O-Aufnahme und eine O-Abgabe vermieden sein. Jenes erreichte ich durch vielfach wiederholtes Füllen der Lunge mit N, dieses durch die Wahl von Erstickungsblut. Um endlich Temperaturgleichheit in beiden Räumen zu haben, wurde der gesammte Apparat in Wasser gestellt. Die Differenz der Spannungen wurde direct an einem Differentialmanometer abgelesen; hiezu musste ausser der Temperatur auch der anfängliche Druck in beiden Räumen derselbe sein. Den N-Raum wählte ich so klein, dass die zu seiner Sättigung nöthige CO_2-Abgabe auf das Gesammtblut vertheilt, eine verschwindendkleine war, was eine sichtliche Vereinfachung des Versuches ist.

Der angewendete Apparat ist in Fig. 3 perspectivisch

1) *Ludwig*, Zusammenstellung der Unters. über Blutgase. 21.

2) Arbeiten II, 58.

und in Fig. 4 in einem durch die quere Symmetrielinie geführten Schnitte dargestellt. *C* ist ein starkes cylindrisches Glas, zur Aufnahme der Lunge bestimmt. Sein Verschluss

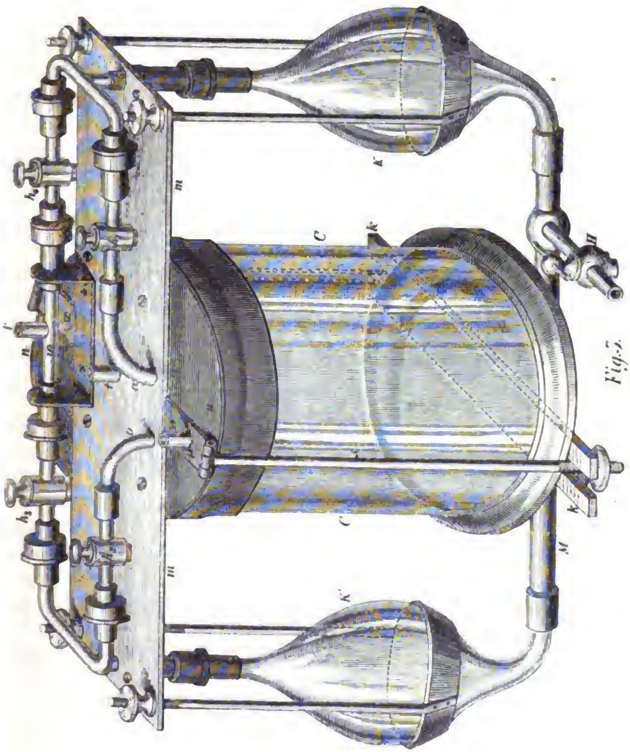


Fig. 5.

wird durch einen metallenen Deckel *n* gebildet, dessen Randvorsprung über das Glas hinunterragt und mit Hülfe eines Kautschukes, der durch Bindfaden an Deckel und Glas befestigt wird, einen luftdichten Abschluss gewährt. Der Deckel trägt

seitlich zwei in Charnieren bewegliche Stäbe *s*, welche ihn, unter *C* durch einen Horizontalstab *k* zusammengehalten, in feste Verbindung mit dem Glase bringen. Die Stäbe *s* tragen zwei horizontale, nur in Fig. 4 angedeutete Axen *l*, welche dem

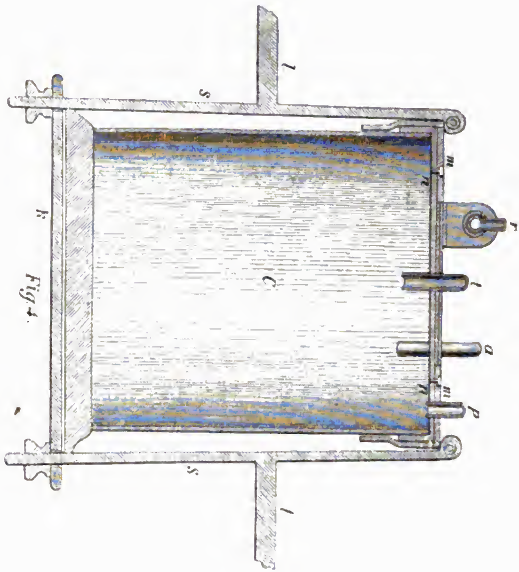




Fig. 5.

ganzen Apparate eine Drehung in einer verticalen Ebene gestatten. Die Befestigung der Lunge an dem Deckel wird ermöglicht durch eine Reihe ihn durchdringender Röhrchen, an welche Trachea und Gefässe angebunden werden. *t* bezeichnet das in die Trachea führende Röhrchen, *a* und *v* führen in

Arterie und linken Vorhof, *p* in den zwischen Lunge und Glas gebliebenen Raum.

Mit dem Deckel in fester Verbindung ist eine zweite metallene Platte *m*, welche den Durchleitungsapparat trägt. *K K'*, zwei birnförmige Glasgefässe werden in der aus der Fig. sofort ersichtlichen Weise von der Platte *m* gehalten. Sie sind unten durch eine metallene Röhre *M*, die nur einen Hahn *H* mit einem an ihm befestigten Kautschukrohr trägt, verbunden. Von ihren obern, die Platte *m* durchbohrenden Röhrenfortsätzen geht je ein gabelförmig sich theilendes Röhrensystem aus Glas aus, dessen eine auf derselben Seite gelegenen Zweige mittels der Glasröhre *w* in einander übergehen, während die anderen mit den metallenen Enden *a* und *v* umbiegen und den Deckel *n* durchdringen. Letztere führen in Lungenarterie und linken Vorhof; das Verbindungsstück *w* trägt ein seitliches Rohr *r*, das zu dem N-Raume führt. — In diese obere Leitung sind eine Reihe von Glashähnen h_1, h_2, h_3, h_4 eingefügt. Fig. 5 erläutert näher die Art, wie die luftdichte Vereinigung zweier Glasstücke erzielt ist. Die Enden der letzteren sind in zwei metallene, mit geschliffenen Rändern genau auf einander gepasste Hülsen eingekittet, die durch eine über sie gelegte Schraubenmutter zusammengehalten werden. Wo ein gläsernes Stück an ein metallenes grenzt, ist ersteres einfach in letzteres eingekittet. Immer aber ist sorgfältig darauf geachtet, dass das Lumen ein ganz stetiges ist. Die eine der Kugeln *K* ist mit *Hg*, die ganze übrige Röhrenleitung mit Blut gefüllt.

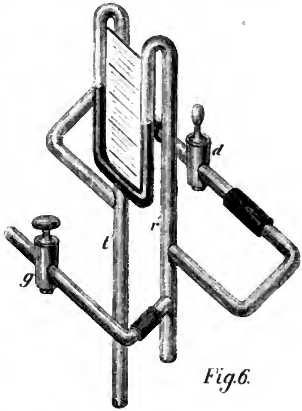


Fig. 6.

Mit *t* und *r* werden die beiden Schenkel des in Fig. 6 abgebildeten Differentialmanometers verbunden, *t* mit *t'*, *r'* mit *r*. Beide stehen unter sich durch eine Glasröhre, in die ein Hahn *d* eingeschaltet ist, in Verbindung. *r'* trägt ausserdem ein seitliches Glasröhrchen, ebenfalls mit Hahn *(g)*. Alle Verbindungen

am Differentialmanometer sind durch Kautschuke mit darüber gelegten metallenen Hülsenstreifen vermittelt, die eine Ausdehnung jener verhindern. Der eine Schenkel *r'* des Manometers bildet zusammen mit der Röhre *r* den N-Raum, dessen CO_2-Spannung mit der in der Lunge erreichten verglichen wird. Durch den Hahn *d* kann er mit dem Lungenraum in Verbindung gesetzt, oder davon abgeschlossen werden; der Hahn *g* führt zu einem Gasometer mit *N*. Mittelst der Axen *l* ruht der ganze Apparat auf einem hölzernen Lager in einem grossen cylindrischen Glasgefässe. Wenn ihm daher jetzt durch Schnüre, welche durch 2 Löcher in der Platte *m* gezogen sind, eine passende Drehung ertheilt wird, so kann leicht der Druck erzeugt werden, der zur Ueberführung des Blutes in die eine oder die andere Kugel *K* nöthig ist. Durch passendes Oeffnen der Hähne h_1—h_4 kann die Durchleitung das eine Mal durch die Lunge das andere Mal durch die seitliche Bahn h_3 h_4 geschehen. Ist beispielsweise das Blut in *K'*, so wird man es durch die Bahn h_3 h_4 nach *K* und durch die Lunge nach *K''* zurückleiten.

Eine Veränderlichkeit der Strombahn ist offenbar nicht möglich, da alle Verbindungen starr sind. Die Kautschukverbindungen mit Metallhülsen am Manometer sichern ebenfalls eine hinreichende Unveränderlichkeit des Volumens der Gasräume. Damit der Apparat allen Forderungen genüge, mussten daher nur noch folgende Puncte geprüft werden:

1) die Luftdichte der Strombahn. Die Controle war leicht durch Einstellen des Apparates in Wasser und Einblasen in das Ansatzrohr *r* bei Verschluss von *a* und *v* und von *H* auszuführen. Durch Einfügen von Fett und Lakiren der Verbindungsstellen konnte ein luftdichter Verschluss strenge erzielt werden.

2) die Möglichkeit, die Luftblasen aus der Strombahn fortzuschaffen. Dies erwies sich dadurch erreichbar, dass der Apparat nach einer Seite stark geneigt und dann unter sehr hohem Drucke und mit einer grossen Geschwindigkeit ein kleiner Theil des Inhaltes (Blut oder Quecksilber) herausgetrieben wurde. Doch stellte sich auch dann noch in einigen Versuchen schliesslich auf der einen Seite ein Luftbläschen ein, das aber wegen seiner Kleinheit nicht störend wirken konnte.

3) die Luftdichte des cylindrischen Glases *C*. Sie war

durch sorgfältiges festes Anlegen von Bindfaden in wiederholten Touren um den Kautschuk vollkommen erreichbar.

Der etwas verwickelte Versuch erfordert die Beobachtung einer Reihe von Cautelen und mag daher etwas eingehender dargelegt werden.

Zunächst wird der ganze Apparat mit *Hg* gefüllt und in angedeuteter Weise von Luftblasen freigemacht. Dann führt man das in üblicher Weise von einem Hunde gewonnene defibrinirte Erstickungsblut mit denselben Vorrichtungen, die schon Herr *Schmidt* beschreibt,[1] durch das Rohr *r*, während durch das an *H* angefügte Kautschukrohr *Hg* ausfliesst, ein bis zur Füllung beider Kugeln *K*. Nochmals werden etwa vorhandene Luftbläschen sorgfältig entfernt.

Nun werden nach Verblutung des Hundes, der sich unterdessen wieder etwas erholt hatte, die Lungen herausgeschnitten, Trachea, Arterie und Vorhof wie in den früheren Versuchen isolirt, mit Canülen versehen und mit Hülfe dieser an die Röhrchen *t*, *a* und *v* des Deckels *n* angebunden. Das letztere muss mit besonderer Sorgfalt geschehen. Nach der Einbindung der Trachea wird die arterielle Canüle mit Blut gefüllt, und andererseits durch *a* eine gewisse Quantität Blut herausgetrieben; jetzt erst kann die Vereinigung dieser Stücke erfolgen. An sie reiht sich die Durchleitung einer beträchtlichen Quantität Blut durch die Lungen, bis alle Luft aus den Venen vertrieben ist, der Ausfluss einer geringen Menge Blutes aus *v* und endlich die Vereinigung der venösen Canüle mit *v*. Diese vorläufige Blutdurchleitung geschieht wie das Ausfliessen aus *a* und *v* in's Freie unter Eingiessen von *Hg* in den erhöhten, bis jetzt immer gefüllt gebliebenen Kautschuk an *H*.

Jetzt erfolgt die luftdichte Einsetzung des Gefässes *C* und des Differentialmanometers. Vor dem letzteren ist in *r* das Niveau des Blutes genau auf die horizontale Strombahn reducirt worden. Sind noch an *p* und *g* längere Kautschuke angefügt, so kann der Apparat nun in das Wassergefäss bis zum vollständigen Eintauchen des Manometers eingesetzt werden. Durch Verbindung der genannten Kautschuke mit dem N-Gasometer wird abwechselnd der Lungenraum mit dem Manometer und der Raum zwischen Lunge und Glas wiederholt mit reinem *N*

1) Arbeiten II, 32. 102.

gefüllt und entleert. Bei aufgeblasener Lunge, wo ihre pleurale Fläche die innere Glaswand berührt, wird schliesslich, nachdem der Hahn *g* geschlossen, die Gleichheit der Niveaux in dem Manometer rasch controlirt, *d* ebenfalls geschlossen und gleichzeitig das an *p* gefügte Kautschukrohr möglichst nahe an *p* abgeklemmt.

Die Durchleitung ist jetzt vorbereitet. Durch das vorläufige Austreiben des Blutes ist die der Arterie entsprechende Kugel *K* fast ganz mit *Hg* gefüllt worden, während die andere noch voll Blut ist. Dem entsprechend wird jetzt das Blut zuerst durch die seitliche Bahn, wo es also an dem N-Raume *r* vorbeistreicht, in die arterielle Kugel hinübergeführt. Aus der letzteren strömt es dann nach gewendeter Lage des Apparates durch die Lunge, um jetzt den Kreislauf zu wiederholen.

Es ist bemerkenswerth, dass jetzt, dem ausgedehnten Zustande der Lunge entsprechend, eine auch geringe Geschwindigkeit einen viel grösseren Druck erfordert als in den früheren Durchleitungen bei vollkommen zusammengefallener Lunge.[1] Uebrigens zeigte sich auch hier dasselbe Steigen bei wachsender Versuchsdauer. Anfangs war der Druck 30—40 Mm., bei einer wiederholten Beobachtung stieg er auf 60—80 Mm. Während der oft wiederholten Durchleitung trat kein Tropfen Blut aus den Gefässen. Die Lunge hatte, was aus ihrer Berührung mit dem Glasgefässe erkannt wurde, ihr Volumen unverändert beibehalten. Nach dem Versuche contrahirte sich stets die Lunge in Eiswasser. — Ich bemerke, dass vor der schliesslichen Ablesung das Blut immer vielfach wiederholt nacheinander durch die Nebenleitung am N-Raume *r* vorbeigeleitet wurde, ohne dass eine Aenderung im Manometerstande eintrat.

Das Resultat des Versuches war stets eine Differenz des Druckes zu Gunsten der Lunge. Der absolute Werth derselben schwankte übrigens beträchtlich, in 5 Bestimmungen an drei verschiedenen Lungen von 4—30 Mm. *Hg*. Die Differenz erreichte Anfangs ziemlich rasch eine gewisse Grösse, um später nur wenig und langsam über diesen Werth zu steigen.

1) Ein analoges Resultat hatte sich auch bei einem der ersten vorläufigen Versuche gezeigt. Wurde die Lunge abwechselnd in Inspirations- und Exspirationsstellung gebracht, der Druck aber unverändert gelassen, so wurde die Stromgeschwindigkeit dort langsamer hier schneller.

Es war von Interesse zu sehen, wie diese Differenz von der Zeit abhängt, während welcher die Lunge aus dem Organismus herausgeschnitten war. Deshalb wurde nach der ersten Ablesung von Neuem jenes abwechselnde Füllen und Entleeren der Lunge mit *N* vorgenommen und die Beobachtung in entsprechender Weise wiederholt. Die Differenz trat auch jetzt in gleichem Sinne ein, erreichte aber nicht mehr den ursprünglichen Werth. War beispielsweise die Differenz bei der ersten Ablesung 7 Mm., so betrug sie bei der zweiten nur 4 Mm.

Das beträchtliche Schwanken der beobachteten Druckdifferenzen mag ausser in den Eigenthümlichkeiten der Lungen und des Blutes noch darin seinen Grund haben, dass der Raum zwischen Glas und Lunge nicht immer verschwindend klein war und das angewandte Wasser nicht genau die Zimmertemperatur hatte. Zwar wird der eingeführte N in der Lunge und im N-Raume immer mit gleicher Temperatur ankommen und eine Aenderung dieser könnte, da sie sich auf beide gleichmässig erstreckt, keinen Einfluss haben. Allein es kommt die Aenderung der Temperatur des N-Gases in der Pleurahöhle in Betracht, wo der Druck des Gases kleiner ist als in der Lunge und daher eine geringere Aenderung erfährt. In den beiden extremen Fällen der obigen Werthe lag nun in der That die Lunge nicht am Glase an.

Beachtet man, was ich nochmals hervorheben will, dass in den Versuchen nicht die Geschwindigkeit der CO_2-Ausscheidung, sondern die durch den Austritt überhaupt erreichbare CO_2-Spannung bestimmt wurde, so ist eine wesentliche Betheiligung des Lungengewebes an der Ausscheidung der CO_2 als direct erwiesen anzusehen.

Nun stellte sich oben diese Betheiligung von zwei Gesichtspuncten aus dar: es tritt in der Lunge eine CO_2-Bildung auf, und es erwies sich die Existenz eines CO_2-austreibenden Körpers als wahrscheinlich. Daher entspringt jetzt die Frage. rührt die beobachtete Druckdifferenz nur etwa von dem Mehrgehalt des Blutes in der Lunge an CO_2 her, oder ist sie die Wirkung eines die CO_2 austreibenden Körpers? Es ist klar, dass nur dann, wenn die Differenz nachweisbar grösser erscheint als sie im ersten Falle sein müsste, die Existenz eines solchen Körpers und damit der specifische Bau der Lungen nachgewiesen ist.

Wäre nur jene CO_2–Bildung in der Lunge vorhanden, so müsste die Druckdifferenz zunächst schon deshalb sehr klein werden, weil das mit dem grösseren CO_2-Gehalt aus der Lunge strömende Blut ja wieder durch den N–Raum geleitet wird. Ausserdem ist bei der Anwendung von Erstickungsblut eine nur beschränkte CO_2–Bildung möglich. Aber auch wenn man eine beträchtliche CO_2 – Bildung und ihre vollständige Ausscheidung in der Lunge zugibt, so ergibt bei wahrscheinlichen Annahmen über den Inhalt des Lungenraumes die Rechnung doch eine für jene Druckdifferenz nicht hinreichende CO_2-Menge.

Hienach ist in der That die Lunge für die Austreibung der CO_2 specifisch eingerichtet. Nimmt man die in der Lunge ausgeschiedene CO_2-Menge zu 10% an, so würde beispielsweise bei der beobachteten Differenz von 26 Mm. der Mehraustritt in der Lunge ca. $^1/_3$ des eigenen Werthes betragen. Unzweifelhaft ist diese Grösse eine Function der Temperatur.

Ob die die CO_2 austreibende Substanz wirklich ein bei den nachgewiesenen Zerspaltungen auftretender Körper sei, bleibt unentschieden; ebenso, ob ihre Bildung der Lunge eigenthümlich ist oder ob sie den Geweben überhaupt zukommt. Dürfte die erste Frage bejaht werden, so wäre zu erwarten, dass die Substanz in O–reichem Blute viel mächtiger gebildet und darum das Mehr der CO_2–Ausscheidung viel grösser werde. Dann müsste auch die Menge jenes Körpers von der Geschwindigkeit des Blutstromes abhängen, womit die Regulirung der Athmung durch die Stromgeschwindigkeit in ein neues Licht treten würde.

Ueber den Blutstrom in den ruhenden, verkürzten und ermüdeten Muskeln des lebenden Thieres.

Von

W. Sadler.

Mit 1 Tafel und 10 Holzschnitten.

Die Erfahrungen, welche man beim Auffangen des Blutes gewonnen hatte, das aus dem zusammengezogenen oder dem ruhenden Muskel des lebenden Thieres floss und die Erscheinungen die an dem künstlichen Strom beobachtet wurden, der durch den ausgeschnittenen aber noch reizbaren Muskel geführt worden, veranlassten Herrn Prof. *Ludwig*, mir eine Untersuchung des Blutstroms in dem Muskel des lebendigen Thieres anzurathen.

Sczelkow[1]), mein Vorgänger auf diesem Gebiete, hatte gefunden, dass der erregte Muskel, während er seine Form ändert, zugleich von einem rascheren Blutstrom durchsetzt wird. Insofern man in genauerer Weise den Grad dieser Aenderung feststellen will, wird man dafür zu sorgen haben, dass der Muskel nach Willkühr bald vollkommen erschlafft und bald vollkommen tetanisch werde und zugleich dafür, dass der Hauptstrom, aus dem sich ein Arm für den Muskel abzweigt, sich während der Versuchsdauer im Wesentlichen gleich bleibe. Die Erfahrung belehrte mich, dass es zur Herbeiführung dieser Bedingungen öfter nothwendig, jedenfalls aber bequem sei, die Hunde, welche ich als Versuchsthiere benutzte, zu vergiften. Indem ich dieses that, verhehlte ich mir nicht, dass jedes der beiden von mir angewendeten Gifte, das Morphium sowohl wie das Curare, den Blutstrom auf ihre besondere Weise beeinflussen. Nach der Vergiftung mit Morphium wird in der Regel der Druck

1) Wiener Sitzungsberichte 45. Band.

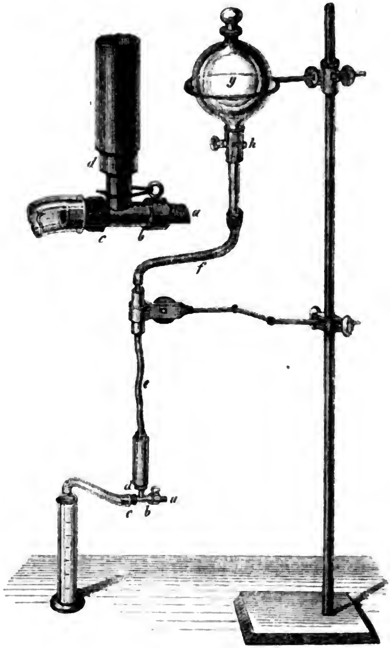
innerhalb der grossen Arterien niedriger als er vor derselben gewesen war und in der Regel röthen sich einzelne vorher blasse Körpertheile. Hieraus dürfen wir schliessen, dass das Morphium den Tonus der Gefässwand herabsetzt. Gerade Umgekehrtes stellt sich nach der Vergiftung mit Curare ein, indem nach dieser der Blutdruck in den grossen Arterien meist wächst, viele Gefässbezirke an ihrer Peripherie erblassen und ein durch die letzteren geführter Schnitt von einer sehr geringen Blutung begleitet ist. Demnach wird der Blutstrom, welcher durch den Muskel eines Thieres geht, das auf die eine oder andere Weise vergiftet ist, nicht ohne Weiteres dem des unvergifteten gleich zu setzen sein. Von vorn herein wird sich auch gar nicht angeben lassen, nach welcher Richtung hin der Blutstrom des vergifteten Muskels von dem des unvergifteten abweicht. Wie hoch man aber auch den durch die Vergiftung bewirkten Schaden anschlagen mag, keinenfalls wird man denselben für so gross halten dürfen, dass er die Folgen zu verdecken vermöge, welche aus örtlichen Veränderungen der Gefässwand hervorgehen; mit anderen Worten, man wird nicht anstehen, die bedeutenden Unterschiede, die der Blutstrom des erschlafften Muskels im Gegensatz zu dem des verkürzten gewahren lässt, auf Rechnung der Muskelerregung, nicht aber auf die des Giftes zu schreiben, und somit die Erscheinungen des Blutstroms, welche während der Erregung des vergifteten Muskels sichtbar werden, auch auf den unvergifteten übertragen. Insofern die Richtigkeit dieser Unterstellung als selbstverständlich anzusehn, gewährt die Vergiftung mit Curare im Gegensatz zu der mit Morphium noch ihre besonderen Vortheile, da das Curare nur die Nerven der quergestreiften Muskeln lähmt, während es die glatten der Gefässwände unberührt lässt. Somit kann es gelingen, die Wirkungen, welche die Reizung oder Lähmung der Gefässnerven veranlasst, von denen zu scheiden, welche von der Zusammenziehung der quergestreiften Muskeln herrühren.

Als Maass für die Strömung des Blutes durch den Muskel benutzte ich die Blutmenge, welche in der Zeiteinheit aus der Vene eines Muskels ausfloss. Das unmittelbare Ergebniss einer solchen Beobachtung scheint mir unter folgenden Bedingungen unverfänglich zu sein.

1. Die Blutmasse, welche dem Thiere auf diese Weise

durch die Beobachtung entzogen wird, darf nicht so gross werden, dass sie gegen die Gesammtmenge von Blut, welche das Thier enthält, insoweit in Betracht kommt, um den mittleren Blutdruck wesentlich herabzusetzen. Bei der von mir eingeschlagenen Messungsweise ist es deshalb geboten, einen relativ kleinen Muskelbezirk der Beobachtung zu unterwerfen. Dieses kann auch mit Erfolg geschehen, weil die Muskelvenen des Hundes von einer beträchtlichen Weite sind. Sollte nun aber, trotzdem dass man einen beschränkten Bezirk gewählt, das während des fortgesetzten Versuchs entleerte Blut auf ein grösseres Maass angestiegen sein, so würde man dem drohenden Nachtheil dadurch abhelfen können, dass man das entleerte Blut nach vorausgegangenem Schlagen und Filtriren dem Thiere wieder einspritzte. Diese Massregel habe ich in meinen Versuchen niemals angewendet, weil das abgezapfte Blutvolum sich immer in engen Grenzen hielt. — 2. Die höchste Sorgfalt ist auf die Lagerung des betreffenden Muskels zu wenden, vorzugsweise um einer Verdrückung der dünnwandigen Venen vorzubeugen. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich die Vene eines Gliedmuskels für das Experiment zu verwenden, weil das Glied, dem derselbe angehört, mit Sicherheit in einer unverrückten Lage gehalten werden kann. Diese letztere ist selbstverständlich so zu wählen, dass das durch die benutzte Vene strömende Blut weder auf dem Verlauf, noch an der Mündung derselben einen Stauungswiderstand zu überwinden hat. Ich unterlasse es die Art der Befestigung, welche ich angewendet habe, genauer zu beschreiben; die Bemerkung mag genügen, dass ich zur Befestigung einen eisernen sehr stabilen Halter in Anwendung gebracht habe, zwischen dessen Armen die betreffende Gliedmaasse sanft aber sicher eingespannt wurde. — 3. Ganz besondere Schwierigkeiten werden in unsern Versuch dadurch eingeführt, dass das Venenblut der Muskeln so ungemein leicht gerinnt; jedes Gerinsel wirkt aber um so störender, weil das Blut mit einem äusserst schwachen Druck aus der Vene hervorströmt. Dieser Umstand hat mich genöthigt zu der Vorrichtung zu greifen, welche in dem umstehenden Holzschnitt versinnlicht ist. *a* stellt die kurze und sehr dünnwandige Metallcanüle dar, welche in die Vene eingebunden wurde. In die Erweiterung ihres einen Endes war ein Schenkel des metallenen ⊥förmigen Rohres *bcd* eingeschliffen. Die zweite Mündung *c* des horizon-

talen Armes, die nach dem Einsetzen von *b* in die Venencanüle noch frei blieb, wurde mit Hilfe von Glas und Kautschuk in das



Figur 1.

untergestellte Messgefäss verlängert. — Der aufsteigende Schenkel *d* des ⊥förmigen Rohres communizirte mittelst eines biegsamen Bleirohrs *e* und eines darauf folgenden Kautschukschlauches *f* mit dem kugelförmigen Gefässe *g*, das an seinem gläsernen Halse einen Hahn *h* trug. Zwischen dem Bleirohr *e* und dem Kautschukschlauch *f* war ein steifwandiges Messingrohr eingeschaltet, das von dem untern beweglichen Arm des Halters getragen wurde, das Kugelgefäss ruhte in dem obern Arm des Halters.

Die Beweglichkeit des Bleirohrs gestattete, das ⅃förmige Stück genau an die Canüle zu passen, ohne dass die Lage der Vene verrückt wurde. Die Kugel war mit einer Lösung von kohlensaurem Natron gefüllt.

Durch Oeffnung des Hahns konnte man nach Belieben das kohlensaure Natron in die Röhre führen und sich leicht überzeugen, ob in den das Blut ausführenden Röhren ein Gerinsel befindlich ist, beziehungsweise man konnte ein dort vorhandenes ausspülen. Nach einer jeden Messung der Ausflussgeschwindigkeit habe ich einen Strom von kohlensaurem Natron durch die Röhre geschickt; fand sich hierbei, dass ein Gerinsel anwesend war, so legte ich jenseits der Canüle an die Vene eine Klemmpincette, zog das ⅃förmige Rohr aus der Canüle und reinigte die Letztere auf das Sorgfältigste, ein Handgriff, der durch die Kürze und Weite der Lichtung mit voller Sicherheit ausgeführt werden konnte. Diese Vorrichtung hat mir die wesentlichsten Dienste geleistet, indem sie mir in der Regel erlaubte, die Vene mindestens eine Stunde lang wegsam zu erhalten. Den Versuch brach ich jedesmal dann definitiv ab, wenn sich das Gerinsel auch jenseits der Canüle in die Vene hineinerstreckt hatte, sodass keine Garantie mehr für die vollständige Entfernung desselben zu leisten war. — 4. Das Blut, dessen mittlere Geschwindigkeit man misst, muss durchaus nur aus dem Muskel kommen, dessen Nerven man gereizt oder durchschnitten hat, und es muss ausserdem das Muskelrevier, welches in Betracht gezogen wird, sein Blut nur durch die Vene zu entleeren gezwungen sein, in welcher sich die Canüle befindet. Diese durch sich selbst begründete Bedingung beschränkt die Orte an denen Beobachtungen mit Erfolg anzustellen sind auf eine geringe Zahl.

Zu den Versuchen, die in den nachfolgenden Blättern beschrieben werden, sind zur Verwendung gekommen die Vene, welche aus dem obern Ende des *m. biceps femoris* und eine von denen, die aus dem obern Ende der Hand- und Fingerbeuger hervortreten. Die Benutzung der Vene, welche aus dem obern Ende des *m. biceps* hervorgeht, erfordert keine weiteren Vorbereitungen, wenn man die Canüle dort einsetzt, wo jenes Gefäss den Muskel gerade verlässt. Das Blut, welches man alsdann erhält, kommt durchaus nur aus dem Muskel und es wird, insofern nicht merkliche Hindernisse seinem Abfluss ent-

gegengesetzt werden, auch alles Blut entleert, welches die obere Hälfte des Muskels durchströmt hat. — Grössere Vorbereitungen bedarf es, wenn man das Blut aus den genannten Vorderarmsbeugern rein und vollständig fangen will. Um dies zu erlangen, wird es nothwendig, verschiedene Venen und Arterien des Vorderarms zu unterbinden. Statt einer weitläufigern Beschreibung erlaube ich mir auf die Tafel zu verweisen, die dieser Abhandlung beigebunden ist. In der Zeichnung sind durch *u* die Stellen der *art. radialis.* eines Zweiges der *art. interossea* und diejenigen mehrer Muskel- und Hautvenen angedeutet, welche ich jedesmal vor Beginn eines Versuches zu unterbinden für nöthig fand.

Die Gefässe des Vorderarms habe ich nur darum in Gebrauch genommen, um mich davon zu überzeugen, dass nicht bloss die Oberschenkelmuskeln das eigenthümliche Verhalten zeigen. Nachdem dieses einmal auch hier beobachtet ist, würde ich nicht mehr zu ihnen zurückkehren, sondern mich an den *muscul. biceps femoris* halten. Sollte ich noch einmal in die Lage kommen, die Versuche fortzusetzen, so würde ich auch die unteren Venen des genannten Muskels in Gebrauch ziehen, da es wahrscheinlich ist, dass die Nerven ihrer entsprechenden Arterien nicht in dem Stamme laufen, der den Muskel selbst versorgt.

Die Variationen des Versuches an dem Muskel, der sich in seinem natürlichen Standort befindet, sind einfach vorgezeichnet. Das Blut ist aufzufangen, bevor und nachdem der zugehörige Muskelnerv durchschnitten wurde und dann während und nach einer Reizung desselben. Ferner ist das Glied in verschiedene Stellungen zu bringen, wobei dasselbe entweder so gespannt wird, dass durch die heftigste Reizung keine Bewegung in dem Muskel eintreten kann, oder die Sehnen der Muskeln sind zu durchschneiden, sodass durch die in Folge der Reizung eintretende Zusammenziehung keine Spannung im Muskel hervorgebracht werden kann. Den eben gegebenen Vorschriften gemäss habe ich die nachfolgenden Versuche ausgeführt. — Ein gleiches ist mir für eine andere naheliegende Variation nicht gelungen. Dieselbe sollte darin bestehen, dass die sympathischen Nerven gesondert von denjenigen für die quergestreiften Muskeln gereizt und durchschnitten würden. Die Operation, welche zur Blosslegung der Ursprünge jeder der beiden ge-

nannten Nervengattungen nothwendig ist, brachte, als ich sie ausführte, so grosse Störungen in das Gesammtverhalten des Thiers, dass ich auf die Ausführung des interessanten Versuchs verzichten musste.

Um diesen, wie ich glaube nothwendigen, Versuch auszuführen, müsste man allerdings einen andern Muskel als den *m. biceps femoris* wählen. Möglicherweise sind hiezu die Muskeln des Vorderarms brauchbarer.

Zur Aufhellung der Ergebnisse, welche mir der Blutstrom des Muskels in seinem natürlichen Standort gegeben hatte, unternahm ich auch noch am ausgeschnittenen Muskel einige Versuche.

Von den Ergebnissen, welche ich erhalten habe, werde ich zuerst das besprechen, was der Blutstrom gewahren liess vor und nach Durchschneidung der Nervenstämme, die den betreffenden Muskel versorgen, und dann das, was während und nach Reizung der Muskelnerven eintrat.

Vor Durchschneidung der Muskelnerven fliesst in der Regel aus der Vene nur sehr wenig Blut, auffallend wenig im Verhältniss zu dem Durchmesser der Arterien und der Venen, welche dem beobachteten Muskelgebiet zugehören. Venen der Haut von entsprechender Weite liefern eine um das vielfache grössere Blutmenge. Nach dem, was ich beiläufig gesehen, halte ich eine eingehendere Vergleichung des Stromquantums entsprechend weiter Haut- und Muskelvenen für eine lohnende Arbeit. Auf den sehr schwachen Strom innerhalb der ruhenden Muskeln weisen auch die geringen Blutungen der Muskelwunden hin, vorausgesetzt dass man keine Arterienstämmchen verletzt hat. Da ich über diesen Punct keine in das Einzelne gehende Beobachtungen angestellt habe, so verzichte ich darauf Folgerungen abzuleiten, die sich hieraus für die Vertheilung des Blutes und für das Leben der Muskeln ergeben.

Nach Durchschneidung der Nervenstämme, welche die dem Versuche unterworfenen Muskeln versorgen, verhalten sich die Erscheinungen verschieden, je nach dem Gifte, welches angewendet war, oder dem Nervenstamm, resp. dem Muskel, welcher dem Versuche unterzogen wurde. — Nach Durchschneidung der Vorderarmnerven bleibt der Strom unverändert, gleichgiltig, ob das Thier mit Curare oder mit Morphium vergiftet war. Nach Durchschneidung des Nerven für den *m. biceps femoris* mehrt

sich in der Regel der Strom, wenn das Thier mit Morphium vergiftet war; er bleibt dagegen unverändert, wenn mit Curare narkotisirt worden.

Als Belege führe ich einige Zahlenbeispiele vor.

No. des Hundes	Vor der Nervendurchschneidung		Nach der Nervendurchschneidung		Bemerkungen
	Im Mittel ausgeflossen während 15 Sec. in Cbcmt.	Zeitdauer der Beobachtung, aus welchen das Mittel genomm. wurde in Secunden	Im Mittel ausgeflossen während 15 Sec. in Cbcmt.	Zeitdauer der Beobachtung, aus welchen das Mittel genomm. wurde in Secunden	
1.	0,45	120	3,0	86	*Biceps femoris.* Morph.-Vergiftg.
2.	0,1	60	0,2	75	
3.	1,1	165	3,3	60	
4.	0,4	30	2,0	135	
5.	0,8	75	0,3	135	
7.	0,15	45	0,30	150	Beuger d. Vorderarms. Morph.-Vergiftg.
9.	0,9	60	0,8	60	
10	0,4	60	0,14	135	
11.	0,9	45	0,6	75	
13.	1,1	80	0,75	50	*Biceps femoris.* Curare-Vergiftg.
14.	0,27	105	0,63	120	
15.	0,25	90	0,26	180	Beuger d. Vorderarms. Curare Vergiftg.

Das Anschwellen der Blutung, welches nach der Durchschneidung des dem *m. biceps* zugehörigen Nervenstammes beobachtet wurde, vorausgesetzt dass die Hunde morphisirt waren, bedarf einer Erklärung. Diese kann auf zwei Weisen versucht werden, das Resultat ist jedoch in keinem Fall ein befriedigendes. Weil die Reizung unseres Nerven ein Ansteigen des Blutausflusses bewirken kann, und weil die Zuckung, die jede Durchschneidung begleitet, die bestehende Reizung beweist, so kann von vornherein die Möglichkeit nicht bestritten werden, dass auch hier das Anwachsen des Stroms von einer Reizung bedingt sei. — Betrachtet man jedoch die Umstände genauer, so wird es zweifelhaft, ob man die angeführte Ursache

als die wirklich giltige anzusehen habe. Denn die Reizung ist eine sehr flüchtige und dennoch ist der Strom sehr anhaltend, mindestens durch Minuten hindurch beschleunigt; eine ähnlich langdauernde Nachwirkung tritt nicht ein nach sehr viel energischeren und anhaltenderen Reizungen. — Wie dieses dagegen spricht, dass der gereizte Nerv die Ursache der stärkeren Blutströmung war, so in nicht minderem Grade die zeitliche Erscheinung des lebhafter gewordenen Stromes. Nicht selten kommt es vor, dass in einer dem Zeitpuncte der Durchschneidung näher liegenden Periode die Strömung schwächer war als in einer späteren. Wäre die Reizung die Ursache der vermehrten Geschwindigkeit gewesen, so hätte man erwarten sollen, dass vom Eintritt des sehr vorübergehenden Reizes an die Geschwindigkeit in einem allmäligen Abnehmen begriffen gewesen wäre. Endlich aber scheint mir der hier angeregte Erklärungsversuch auch darum unhaltbar, weil er uns für das dem *m. biceps fem.* entgegengesetzte Verhalten der Handbeuger im Stich lässt. Warum sollte hier die Durchschneidung weniger reizend sein als dort?

Annehmbarer als die soeben besprochene erscheint die zweite noch mögliche Unterstellung, die nämlich, dass in dem durchschnittenen Nervenstamme für den *m. biceps* die Zweige für die Kreismuskeln der Arterien enthalten waren. Aber auch der Schritt, der die Lähmung der arteriellen Gefässwand zu Hilfe ruft, hat seine zahlreichen Bedenklichkeiten. Denn obwohl der Nervenstamm für den *m. biceps femoris* jedesmal möglichst genau an derselben Stelle durchschnitten wurde, so trat doch keineswegs immer eine Vermehrung der Geschwindigkeit nach seiner Durchschneidung ein. Dieses abweichende Ergebniss könnte darin begründet sein, dass entweder die Gefässnerven ausnahmsweise einen andern Weg genommen oder dass sich dieselben schon vor der Durchschneidung auf einem niedern Grade von Tonus befunden hätten, was hier um so weniger auffallend wäre, als bekanntlich das Morphium öfter die Gefässnerven lähmt. Ich brauche kaum hervorzuheben, dass die Gründe, die soeben für das ausnahmsweise Ausbleiben der vermehrten Geschwindigkeit nach Durchschneidung des *m. biceps femoris* vorgebracht wurden, auch für das gleiche Verhalten nach Durchschneidung der Nerven für die Handbeuger geltend zu machen wären. Ein Grund, der es dagegen zweifelhaft erscheinen lässt, ob die nach Nervendurch-

schneidung eingetretene Vermehrung der Strömung eine Folge der Gefässlähmung sei, liegt in der regelmässig wiederkehrenden Thatsache, dass die Geschwindigkeit nach kurzer, höchstens nach Minuten zu berechnender Zeit ein Maximum erreicht, von dem sie dann allmälig absinkt. Im Verlauf eines Versuches, der im Ganzen etwa eine Stunde und weniger anhält, kommt es vor, dass die Geschwindigkeit schliesslich auf den Werth herabgeht, welchen sie vor der Nervendurchschneidung besessen hatte. Hieraus würde man also, wenn man unsere Annahme festhalten wollte, zu folgern haben, dass die Gefässwand aus andern Gründen den Tonus wieder erlangt habe, der ihr anfänglich durch die Nervendurchschneidung genommen war. Allerdings hat dieser Ausweg in Anbetracht der kurzen, zur Wiederherstellung des Tonus nothwendigen Zeit etwas missliches, aber immerhin stehen ihm Analogien zur Seite.

Endlich wenn die Durchschneidung der Nerven eine Lähmung der Gefässwand und darum eine Vermehrung des Stromes hervorruft, so sollte man erwarten, dass die tetanische Reizung des peripherischen Nervenstumpfes eine Unterbrechung oder Minderung des Blutstroms bedingen würde. Dieses ist, wie wir sehen werden, durchaus nicht der gewöhnliche Fall, da in der Regel der Tetanus die Ausflussgeschwindigkeit verstärkt. Weil es sich aber doch zuweilen ereignet, dass die tetanische Reizung den Strom zum Stillstand bringt, so könnte man annehmen, es werde, wenn die Nervenreizung die Blutung steigert, die Wirkung der verengenden Gefässnerven überwogen durch die gleichzeitige Erregung von kräftiger wirkenden Erweiterungsnerven oder durch irgend welche andere von den gereizten Muskelnerven ausgelöste Umstände.

Zur Constatirung dieser Vermuthung würde nur dann zu gelangen sein, wenn es anginge, die eine Reihe von Nerven geradezu auszuschalten und die andere allein in Wirksamkeit zu setzen. Da es mir, wie erwähnt, nicht gelungen war die sympathischen Fasern, welche zu den untersuchten Muskeln gehen, auszumitteln und sie an ihren Ursprüngen zu erregen, so griff ich zum Curare, welches bekanntlich die Wirkungsfähigkeit der sympathischen Fasern unberührt lässt und nur die der quergestreiften Muskeln lähmt. Der Erfolg bestand wie erwähnt darin, dass sich die Reizung der vollkommen curarisirten Nerven als durchaus wirkungslos erwies. Die Blutung vermehrte und ver-

minderte sich nicht während der Reizung. Damit ist erwiesen, dass die unterstellte Ueberwältigung des gereizten Verengerungsnerven nicht auf Rechnung eines Vorgangs zu setzen ist, der durch die Muskelzusammenziehung eingeführt wird, denn da diese beim curarisirten Thiere ausbleibt, so hätte nun der gereizte Verengerungsnerv die Blutung stillen müssen. Aber noch mehr das Ausbleiben einer jeglichen Aenderung des ursprünglich vorhandenen Stroms macht auch die Anwesenheit eines Erweiterungsnerven sehr zweifelhaft, denn zum mindesten ist es unwahrscheinlich, dass sich die Folgen der Erregung des verengenden und des erweiternden gerade so ausgeglichen hätten, dass während der Erregung beider die Blutung gerade so stark und so schwach gewesen wäre als vorher.

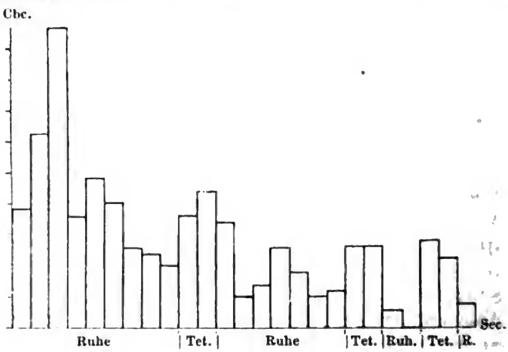
Diese Erwägung der Thatsachen bestimmt mich, von einer bindenden Aussage abzustehen, und die Aufdeckung des Abhängigkeitsverhältnisses glücklicheren Händen und erneuten Versuchen zu überlassen.

Die Aenderungen, welche das Tetanisiren der Nerven im Blutstrom des Muskels hervorbringt, sind dieselben, gleichgiltig, ob man die des Oberschenkels oder des Vorderarms wählte. Derselbe Muskel liefert jedoch ein sehr verschiedenes Strömungsresultat, je nachdem das Thier, dem er angehörte, mit Morphium oder mit Curare vergiftet war. Ich bespreche hier zunächst die Morphiumversuche.

Während der Morphiumnarkose ändert die tetanische Nervenerregung den Blutstrom in so mannigfacher Art, dass eine auch nur einigermassen klare Uebersicht der Ergebnisse nur durch die graphische Ausdrucksweise gegeben werden kann. Zur Mittheilung wähle ich vorzugsweise Beispiele am *m. biceps femoris* aus, theils wegen Schönheit der Erscheinung, theils auch wegen der Einfachheit der Strombahnen; denn an diesem Orte hat man es sicherlich nur mit Muskelblut zu thun.

Zu den Holzschnitten diene die erklärende Bemerkung, dass die Zahlen auf der Abscisse Secunden, die an den Ordinaten Cbc. der ausgeflossenen Blutmengen bedeuten. Die Beobachtungen, welche der Darstellung zu Grunde liegen, wurden so angestellt, dass ein Gehilfe nach je 10 oder 15 Secunden den Stand ablas, auf welchen das Blut in dem dasselbe auffangenden Messgefäss gestiegen war. Ein anderer Gehilfe schrieb diese Zahlen nieder. Ein dritter endlich reizte den Nerven oder be-

endete die Reizung auf Commando. In die Zeichnung sind die Ausflussmengen auf die Ordinaten eingetragen, welche während 10 oder 15 Secunden notirt wurden, wobei zur Vermeidung von Missverständnissen die Bemerkung nicht überflüssig, dass für je einen Muskel entweder nur 10 Sec. oder nur 15 Secunden als Zeiteinheit benutzt ist. Indem die Darstellung nur das wirklich beobachtete Resultat giebt, unterlässt sie das Genauere der mit der Zeit veränderlichen Geschwindigkeit zu verzeichnen. Auch hierauf mache ich besonders aufmerksam, damit nicht etwa der Schein entsteht, als ob sich die Geschwindigkeiten sprungweise geändert hätten. Dieses war, wie der Augenschein lehrte, nicht der Fall; der Anschein entsteht nur dadurch, weil mir meine Beobachtungsmittel die Aenderungen der Geschwindigkeit innerhalb des Zeitraums von 10 oder 15 Sec. nicht gegeben haben, sondern nur die mittlere während der genannten Zeit.

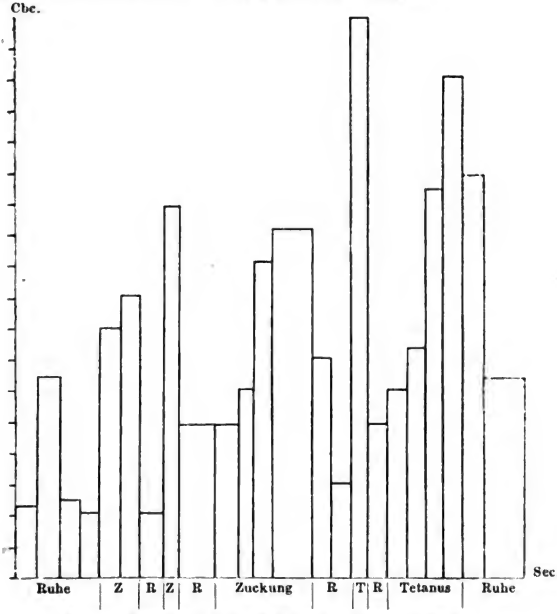


Figur 2.

m. biceps femoris. Morphiumvergiftung; 0.1 Cbcmtr. = 1 Mm. Ordinate; 15 Secunden = 3 Mm. Abscisse.

Figur 2. Die Beobachtung beginnt nachdem der Nerv kurze Zeit vorher durchschnitten war. Der ersten der hier verzeichneten Ruhezeiten war demnach keine Reizung voraugegangen. In dieser Zeit steigt das Stromvolum allmälig an und nimmt mit der Beobachtungsdauer allmälig ab. Der Nerv wurde dann mit dazwischenliegenden Pausen dreimal je 30 Secunden lang tetanisirt. Unmittelbar mit jedem Tetanus wuchs das

Stromvolum über den Werth an, den es vor der Reizung besessen hatte. Die Blutmenge, welche während des Tetanus entleert wurde, war zum ersten Male grösser als in jedem der beiden folgenden Male. In den Pausen, welche zwischen den Reizungen gelegen waren, nahm die Strömung allmälig wieder ab und gelangte schliesslich zu einem Werthe, der bedeutend geringer als der geringste während der Ruhezeit war, die unmittelbar auf die Nervendurchschneidung folgte.



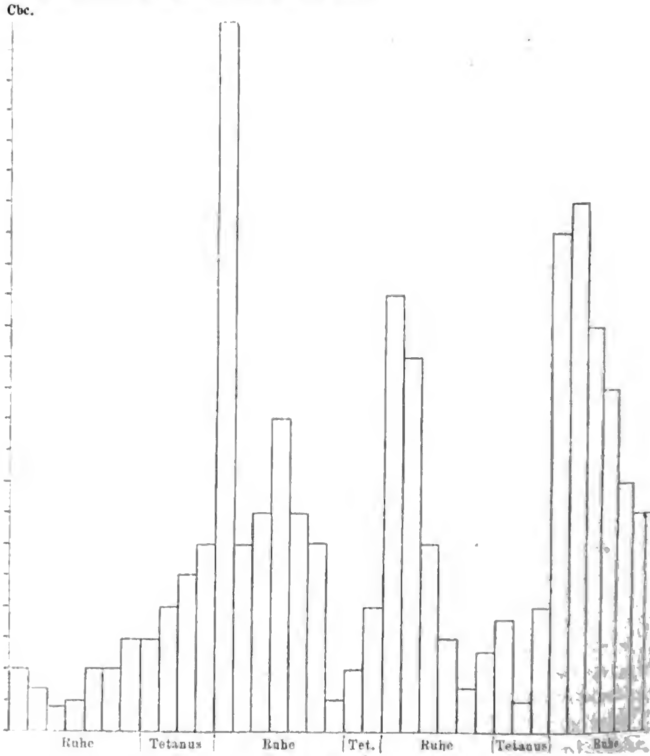
Z bedeutet Zuckung, R bedeutet Ruhe, T bedeutet Tetanus.

Figur 3.

m. biceps femoris. Morphiumvergiftung; 0.1 Cbcmtr. = 0.5 Mm. Ordinate; 15 Secunden = 3 Mm. Abscisse.

Figur 3. Der Versuch beginnt nach der Durchschneidung des Nerven. Während dieser Ruhezeit steigt und fällt das Stromvolum. Der Nerv wurde fünfmal hintereinander erregt, die drei ersten Male geschah dieses so, dass der Muskel

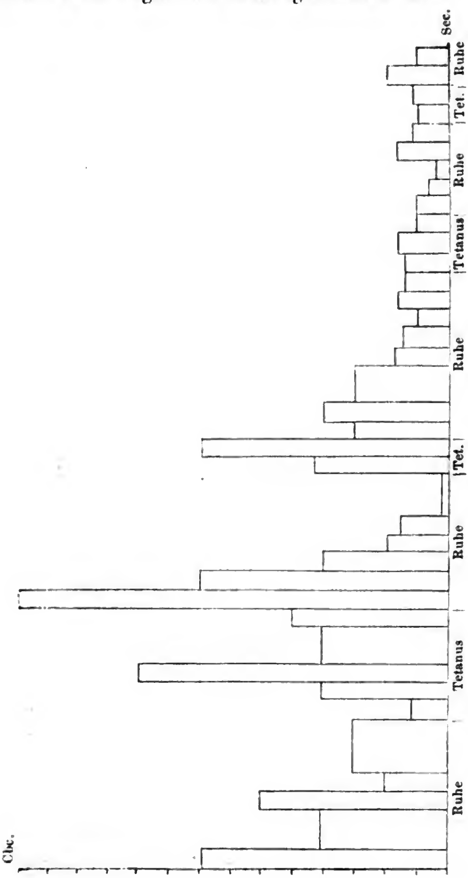
in Zuckungen gerieth, die beiden letzten Male wurde der Nerv tetanisirt. Unmittelbar mit der beginnenden Reizung wächst das Stromvolum, gleichgültig, ob die Muskeln ein klonischer oder ein tetanischer Krampf befiel. Das Anwachsen war während des Tetanus ein grösseres, als während der Zuckungen. In den Pausen nach der Reizung übertraf das Stromvolum im Mittel dasjenige, welches während der ersten vor der Reizung vorhandenen Ruhezeit anwesend war.



Figur 4.

m. biceps femoris. Morphiumvergiftung; 0.1 Cbcmtr. = 1 Mm. Ordinate; 15 Secunden = 3 Mm. Abscisse.

Figur 4. Die Beobachtung beginnt nach Durchschneidung des Nerven. Während der ersten Ruhezeit sinkt zuerst das Stromvolum ab und nimmt dann allmälig wieder zu. Der Nerv wird dreimal tetanisirt. Jedesmal wächst sogleich mit dem beginnenden Reiz das Stromvolum über den Werth, welchen es vor Beginn der Reizung besessen hatte. Die beiden

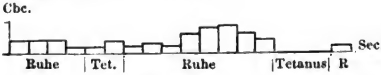


Figur 5.

m. biceps femoris. Morphiumvergiftung; 0.1 Cbcmtr. = 1 Mm. Ordinate; 15 Secunden = 3 Mm. Abscisse.

ersten Male dauert dieses Wachsthum so lange als die Reizung, während der dritten Reizung sinkt das Stromvolum vorübergehend ab. Unmittelbar nachdem die Reizung beendigt, steigt das Stromvolum mächtig an und nimmt während der Dauer der Ruhe stetig oder auch mit zwischenliegenden Steigungen ab.

Figur 5. (Siehe vorhergehende Seite.) Die Beobachtung beginnt nach der Nervendurchschneidung. Die Geschwindigkeit nimmt während dieser ersten Ruheperiode in Schwankungen ab. Es geschahen vier tetanisirende Reizungen. Während eines jeden Tetanus stieg die Geschwindigkeit an und nahm während des ersteren länger dauernden wieder ab. Jede folgende tetanische Periode zeigt eine geringere Stromgeschwindigkeit als die vorhergehende. In der ersten Ruhe nach tetanischer Reizung zeigt sich anfänglich ein sehr starker Strom, der aber allmälig bis nahe zu Null herabgeht, in der Ruhezeit nach dem zweiten und dritten Tetanus zeigt sich Anfangs die Geschwindigkeit noch als eine nicht unbeträchtliche, doch ist sie nicht mehr so gross, als nach der des vorhergehenden Krampfes, sie nimmt zudem mit der Dauer der Ruhe ab. Während des vierten Tetanus sinkt das Stromvolum unter den Werth der vorhergehenden Ruhe, und steigt in der nachfolgenden Erschlaffung wieder an. Da auch für die verschiedenen Ruhezeiten die Regel gilt, dass das Maximum des Stromvolums in jeder folgenden Periode kleiner ist als in der vorhergehenden, so nimmt schliesslich der Ausfluss Werthe an, die geringer sind als sie in der ersten Ruhe vor aller Reizung vorhanden waren.



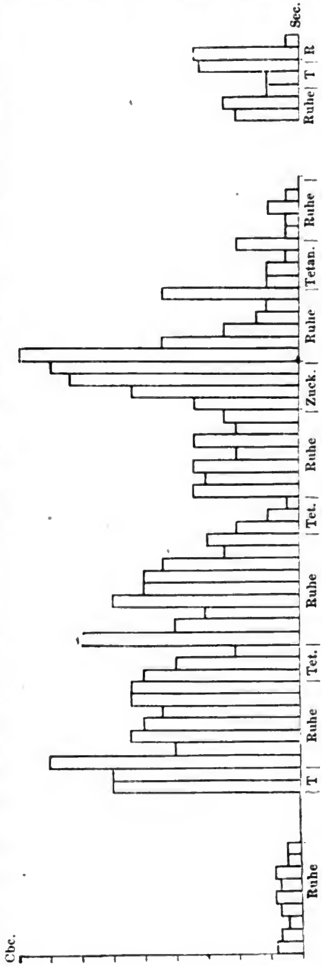
Figur 6.

m. biceps femoris. Morphiumvergiftung; 0.1 Cbcmtr. = 1 Mm. Ordinate; 15 Secunden = 3 Mm. Abscisse.

Figur 6. Die Beobachtung beginnt nach Durchschneidung des Nerven. Der letztere wird im Verlauf der Beobachtung zweimal tetanisirt. Die erste der beiden Reizungen ruft keine merkliche Aenderung hervor, die zweite bedingt eine vollständige Unterbrechung des Stromes. In der zwischen der ersten und zweiten Reizung gelegenen Pause tritt allmälig ein schwaches aber deutliches Ansteigen der Stromvolumina ein.

Figur 7. Die Mittheilung des Versuchs beginnt nach Durchschneidung des Nerven. Nach dieser ersten hier verzeichneten Ruhe wurde der Nerv gereizt, ohne dass es gelang

das Blut aufzufangen. Ausser dieser eben erwähnten wurden noch sechs Reizungen angestellt, fünf tetanische und eine intermittirende. Beim ersten Tetanus ist die ausgeflossene Blutmenge eine beträchtliche und der Strom fliesst während der Reizung mit gleichbleibender Geschwindigkeit. In allen folgenden tetanischen Reizungen nimmt die Geschwindigkeit mit dem Beginn der Reizung gegen diejenige ab, welche unmittelbar vorher vorhanden war und während der Dauer des Tetanus wird der Strom schwächer und schwächer. Das Maximum der während einer tetanischen Periode vorhandenen Strömung ist in jeder folgenden Reizung geringer als in der vorhergehenden. Eine Ausnahme hiervon findet sich in der sechsten tetanischen Periode, welche eingeleitet worden war, nachdem man dem Muskel eine längere Zeit hindurch Ruhe gegönnt hatte. Unmittelbar nach Beendigung des Tetanus trat mit Ausnahme der fünften Ruhe ein starkes Anwachsen des Stromvolums ein. Aus dieser Erscheinung wird es begreiflich, dass der Ausfluss in der Zuckungs-



Figur 7.

m. biceps femoris. Morphiumvergiftung; 0.1 Cbcmtr. = 1 Mm. Ordinate; 15 Secunden = 2 Mm. Abscisse.

periode einen beträchtlicheren Werth annahm, als während der Tetanisirung. Bemerkenswerther Weise steigt aber nach Beendigung derselben das Stromvolum noch an.

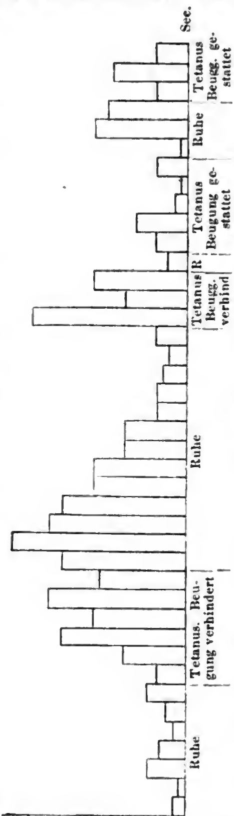
In den vorstehenden Holzschnitten sind die wesentlichsten Typen meiner Beobachtungen wiedergegeben; demnach bedingt die intermittirende und tetanische Reizung der Muskelnerven in der Regel ein Anschwellen des musculären Blutstroms. Dieses letztere erscheint um so sicherer, je weniger der Muskel schon durch vorhergehende Reizungen erschöpft ist und, insofern mich meine allerdings noch beschränkte Erfahrung nicht täuscht, um so gewisser, je lebendiger und jugendkräftiger das zur Verwendung gekommene Thier war.

Aber auch wenn die Reizung das Ausfliessen des Blutes beschleunigt, geschieht dieses nicht in immer gleicher Weise. Bald erreicht der Strom sein Maximum schon während der Zusammenziehung, andremale aber erst nachdem die Erschlaffung wiedergekehrt und niemals hält sich der Strom für längere Zeit auf gleicher Höhe, sondern es schwankt, in derselben Weise wie es *Dogiel* am Strom der *a. carotis* beobachtet hat, die Geschwindigkeit fortwährend auf und ab, selbst wenn die Zusammenziehung des Muskels tetanisch verharrte.

Der Versuch, die Ursachen dieser auffallenden Erscheinung zu ergründen, wird zuerst die Veränderungen zu berücksichtigen haben, welche durch die Formänderungen der Muskelmasse in das Strombett eingeführt werden. Nach allem, was wir über die Gestalt des zusammengezogenen Muskels wissen, müssen wir schliessen, dass durch dieselbe die Spalten, in welchen die Blutcapillaren laufen, verengt werden, sodass durch die Contraction die Widerstände, welche der Blutstrom zu überwinden hat, eher vermehrt als vermindert werden. Obwohl dieser Grund dafür spricht, dass die tetanische Contraction an und für sich nicht die Ursache der beschleunigten Strömung sein könne, so hielt ich es dennoch für gerathen, einige Versuche mit Muskeln anzustellen, welche während der tetanischen Reizung ihrer Nerven an jeglicher Formänderung dadurch gehindert waren, dass ihr oberer und unterer Ansatzpunct unverrücklich in einer bestimmten Entfernung von einander gehalten wurde.

Die Figur 8 giebt Aufschluss über den Befund eines solchen Versuchs, welcher, wie man sieht, in vollkommener Uebereinstimmung mit den Thatsachen steht, die von den Muskeln

mitgetheilt wurden, welchen die Formänderung in ausgedehntem Maasse gestattet war. Während der beiden ersten tetanischen Contractionen wurde die Beugung der Hand und des Vorderarms durchaus unmöglich gemacht und nichts desto weniger sehen wir während derselben die Geschwindigkeit des Blutstroms zu einer bedeutenden Höhe ansteigen. Als in der dritten und vierten tetanischen Reizung den Muskeln eine ausgiebige Verkürzung gestattet war, trat zwar ebenfalls eine raschere Strömung ein als sie während der ersten Ruheperiode sichtbar gewesen, aber dennoch waren während dieser Reizungen die Ausflussmengen kleiner als in den vorhergehenden Erregungen. Wenn sich nicht sehr häufig die Beobachtung wiederholte, dass während der späteren Tetanisirungen das Anwachsen des Stroms ein geringeres ist, so würde man geneigt sein, die Abschwächung der Stromschwellung auf eine Steigerung der Hindernisse zu schieben, welche durch die eingetretene Formveränderung bewirkt seien. Wie dem nun auch sein mag, jedenfalls lehrt dieser Versuch, dem ich ähnliche zur Seite stellen kann, dass die Vermehrung der musculären Stromgeschwindigkeit hier in bedeutendem Maasse eintrat, wenn die Formänderung nicht gestattet wurde, während sie in andern zahlreichen Fällen sehr mächtig zum Vorschein kam, wenn der Muskel seinem Contractionsbestreben ungehindert folgen konnte. Daraus erfliesst unmittelbar, dass die Ursache der starken Strömung, die



Figur 8.

Beuger der Hand. Morphiumvergiftung: 0.1 Cbcmtr. = 1 Mm. Ordinate; 15 Secunden = 3 Mm. Abscisse.

beim Tetanisiren der Muskelnerven auftritt, nicht in einen unmittelbaren Zusammenhang mit der Formveränderung des Muskels zu bringen ist. Nach der Ausschliessung dieser Möglichkeit kann der Grund, nach dem wir suchen, nur in einer Erweiterung der kleinen Muskelarterien gefunden werden und es kann deshalb nur die Frage sein, ob die Erschlaffung der Muskelwand von einer Einwirkung der Nerven oder von irgend einer andern die Gefässmuskeln unmittelbar betreffenden herrührt.

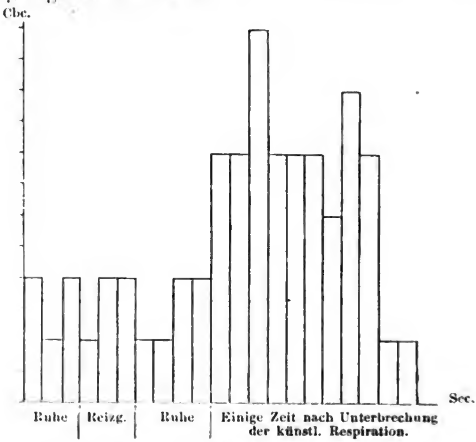
Da wir schon an zahlreichen Stellen des Arteriensystems Nerven kennen, welche während ihrer Erregung den normalen Tonus der Gefässe herabsetzen, so hat es nichts Verfängliches, ähnliche Beziehungen zwischen gewissen in die Muskeln eintretenden Nerven und den Arterien derselben vorauszusetzen. Ferner bei der Unbekanntschaft, in der wir uns über die anatomischen Bedingungen finden, die zur Herstellung der erschlaffenden Nervenwirkung erfüllt sein müssen, würde es auch nicht gerade bedenklich sein, gewissen in die Muskeln eintretenden Nerven etwas ähnliches zuzuschreiben, trotzdem dass in dem Verlaufe derselben bis dahin keine Ganglien aufgefunden sind. Andererseits aber muss man eine endgiltige Entscheidung der vorliegenden Frage so lange verschieben, bis es gelungen sein wird, die Erweiterungsnerven der Muskelgefässe isolirt zu reizen, sodass das Anschwellen des Blutflusses die einzige Folge der Tetanisirung ist. An einer frühern Stelle dieser Abhandlung waren wir anderseits schon auf Thatsachen gestossen, die auch auf die Anwesenheit von verengenden Gefässnerven hinwiesen. Käme es also nur darauf an, ein Spiel von Kräften hinzustellen, mit dem die beschriebenen Erscheinungen des veränderlichen Blutstroms zu erklären seien, so würde es am nächsten liegen, die gleichzeitige Anwesenheit von Erweiterungs- und Verengungsnerven zu unterstellen. Um aber dann auch die zahlreichen Aenderungen der Stromgeschwindigkeit, welche während und nach der Tetanisirung erscheinen, aus der Anwesenheit zweier entgegengesetzt wirksamer Nervengattungen zu erläutern, würde noch der Zusatz nöthig sein, dass die Reizbarkeit einer jeden der beiden Nervenarten in der Zeit mancherlei Schwankungen erfahre. Die Lösung der Aufgabe würde also erst dann gefunden sein, wenn die Ursachen der schwankenden Reizbarkeit aufgedeckt sein würden. Obwohl der soeben ausgesprochene hypothetische Versuch, einer Erklärung näher zu

treten, gegenwärtig nicht zu widerlegen ist, so hege ich dennoch ein gewisses Misstrauen gegen ihn. Denn wenn wir auch den Kampf zweier um die Herrschaft streitender Nerven im weitesten Umfang wollten gelten lassen, so würde doch eine andere Reihe von Thatsachen den Beweis liefern, dass durch denselben nicht alles erklärbar wäre. In erster Linie zähle ich zu den von der Nervenerregung nicht ableitbaren Veränderungen diejenigen, welche der Strom eines ruhenden Muskels zeigt, dessen Nerven durchschnitten sind. Zwischen den vielen Unregelmässigkeiten, die sich hier einstellen, bietet sich jedoch eine immer wieder hervortretende Regel, die nämlich, dass ein anfänglich rascher Strom allmälig sich mehr und mehr verlangsamt. An die Allgemeingültigkeit dieses Verhaltens, wofür die mitgetheilten Figuren mehrfache Beispiele geben, glaube ich um so mehr, als sich auch eine gleiche Erscheinung sehr regelmässig wiederfindet am ausgeschnittenen, von arteriellem Blute unter constantem Druck durchströmten Muskel. Da in diesen Fällen jede Ursache zu einer veränderlichen Erregung der Nerven wegfällt, so wird man wohl genöthigt sein, die Erklärung für das angegebene Verhalten in einem Wechsel des Tonus der Gefässwände zu suchen, der mindestens von äusseren auf den Stamm der Nerven wirksamen Reizen ganz unabhängig ist.

Gesetzt aber man wollte eine selbstständige Veränderlichkeit im Verkürzungsgrade der Gefässmuskeln annehmen, so könnte man den eben erwähnten Fall am einfachsten dadurch erklären, dass die von einem anhaltenden Strom arteriellen Blutes berührten Gefässmuskeln durch irgend eine Einwirkung des Sauerstoffs zur Verkürzung geführt würden. Für diese Unterstellung lässt sich in der That noch mancherlei vorbringen.

Zunächst das Verhalten, das der Blutstrom in einem curarisirten Muskel zeigt, dessen Nerven durchschnitten sind. In einem so beschaffenen Muskel bringt, wie beispielsweise Figur 9 (folg. Seite) darlegt, die Reizung des Nerven keine Veränderung des Stromes hervor. Im Grossen und Ganzen ändert sich hier der Blutstrom überhaupt nicht, solange die künstliche Respiration hinreicht um dem Blute eine kräftig arterielle Färbung zu bewahren. Diese Erscheinung ist an und für sich auffallend unter der Annahme, dass die Aenderung des Stromes durch eine unmittelbare Einwirkung der Nerven auf die Gefässwand veranlasst werde, da bekanntlich die Gefässnerven durch das Cu-

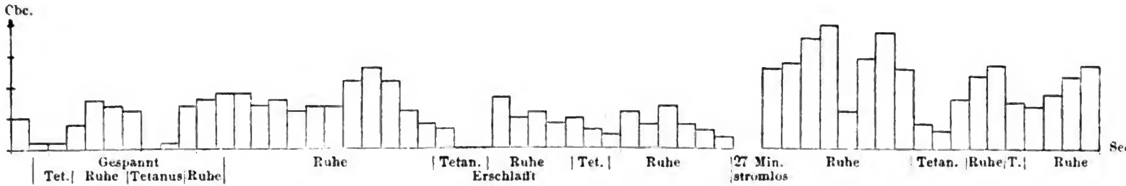
rare nicht angegriffen werden. — Wenn dagegen durch Unterbrechung der künstlichen Respiration das Blut dunkelfärbig wird, so beginnt nun, trotz des seltner gewordenen Herzschlags, welcher ein stetiger Begleiter der Erstickung ist, der Strom aus der Muskelvene rascher zu fliessen. Nimmt man jetzt die künstliche Respiration wieder auf, so verlangsamt sich der Blutstrom von Neuem. Beim gegenwärtigen Stand unsrer Kenntnisse kann man wohl kaum dieser Erscheinungsreihe eine andere Erklärung geben, als die oben versuchte, wornach dem hellrothen Blut eine verengende, dem dunkeln eine erweiternde Wirkung zugeschrieben wird.



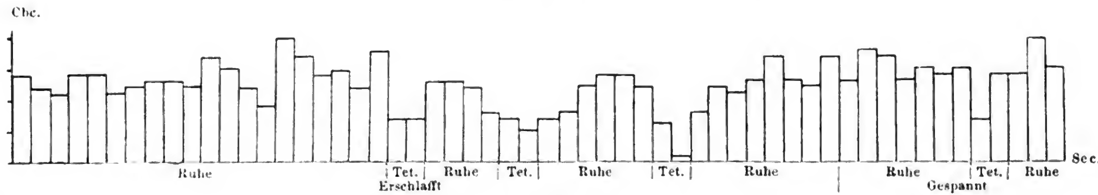
Figur 9.

m. biceps femoris. Curarevergiftung; 0.1 Cbcmtr. = 10 Mm. Ordinate; 15 Secunden = 3 Mm. Abscisse.

Aehnlich wie der dem Nerveneinfluss entzogene Muskel des curarisirten Thieres verhält sich auch der ausgeschnittene unvergiftete Muskel. Eine tetanische Reizung seines Nerven bedingt an ihm, wie Figur 10 gewahren lässt, gewöhnlich eine Verminderung des Stroms, auf welche nach Beendigung des Tetanus ein schwaches, längere Zeit hindurch dauerndes Ansteigen des Stromes folgt. Je öfter bei gleichbleibendem Druck der Wechsel von Tetanus und Ruhe wiederholt wurden, um so mehr sinkt die Stromgeschwindigkeit. Wenn dieselbe auf einen sehr



Figur 10a.

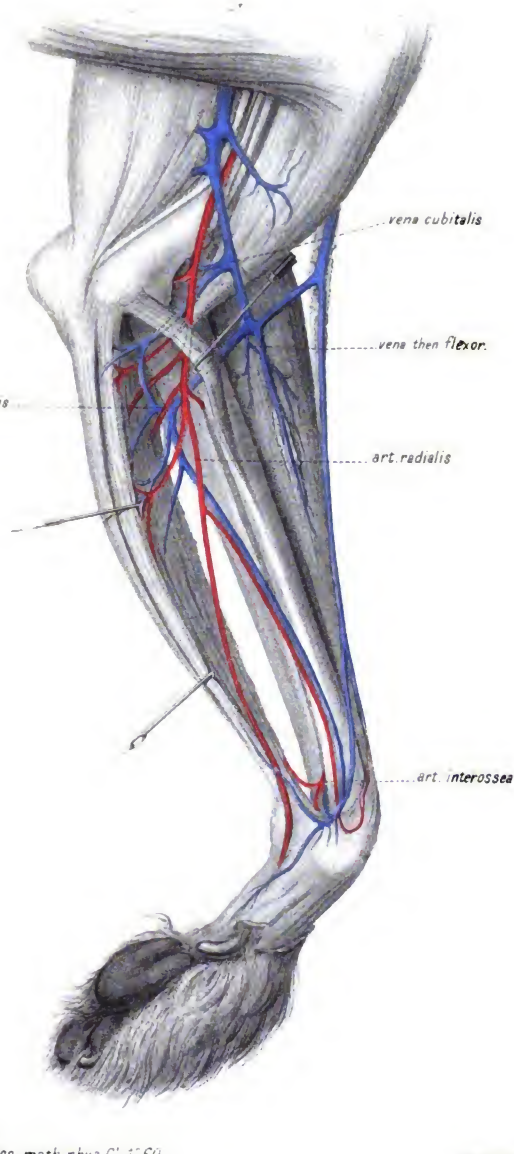


Figur 10b.

Ausgeschnittener *m. biceps femoris.* Kunstlicher Blutstrom; 0.1 Cbcmtr. = 1 Mm. Ordinate; 15 Secunden = 3 Mm. Abscisse.

geringen Werth herabgekommen ist, so kann man sie leicht wieder und zwar auf einen relativ hohen Werth dadurch zurückbringen, dass man den Blutstrom etwa eine halbe Stunde lang ganz unterbricht. Sowie nach dieser Pause der Strom unter dem früheren und damals fast wirkungslosen Druck von Neuem beginnt, fliesst jetzt das Blut viel rascher als vorher aus. Es steht nichts im Wege auch diese Erscheinung auf einen localen Erstickungszustand der Muskeln zurückzuführen.

Bei dieser Sachlage verdient auch die Aenderung der Farbe unsere Aufmerksamkeit, welche das Blut erfährt, das während und nach dem Tetanus aus dem Muskel des mit Morphium vergifteten Thieres hervorströmt. Ausnahmslos ist das im raschen Strome hervorkommende Blut sehr dunkel, vorausgesetzt dass es nach beendigtem Tetanus hervorquillt, und es scheint, soweit der Augenschein maassgebend ist, die Geschwindigkeit in dem Maasse abzunehmen, in welchem die gewöhnliche Farbe des venösen Blutes wiederkehrt. Auch diese Erscheinung stimmt zu der von mir versuchten Erklärung. Meiner Meinung weniger günstig ist dagegen der Umstand, dass das Blut, welches beim Beginn des Tetanus im raschen Strome hervorstürzt, sehr oft eine ausgesprochen hellrothe Farbe zeigt, gerade so wie dies dem Venenblut der gereizten Speicheldrüse eigen. Aus dieser Thatsache wäre zu schliessen, dass auch das zuletzt verwendete Erklärungsprincip nicht für alle Fälle ausreichend wäre. Welche Erklärung aber auch spätere Versuche für die Erscheinungsreihe geben, die uns hier beschäftigt hat, immerhin wird sie schon jetzt wegen ihrer physiologischen Folgen zu beachten sein. Der schwache Strom durch den ruhenden Muskel, das Ausspülen des Muskels mit Blut nach jeder Zusammenziehung, der rasche und grosse Verlust an Sauerstoff, den das dunkle Venenblut andeutet, sind Thatsachen, deren Wichtigkeit für den Stoffwechsel und die Temperatur des Muskels einleuchten. Zugleich ist bei der gegenseitigen Abhängigkeit der Strömung in den verschiedenen Abtheilungen des Aortenbaums der plötzliche Abfluss des Blutes durch die bisher mässig durchströmten Muskeln für die übrigen Reviere gewiss bedeutungsvoll und zwar um so mehr, je grösser die contrahirte Muskelmasse war.



richte d. K. S. Ges. d. Wiss. math. phys. Cl. 1869
r Abhandlung v. Sadler.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig

Ueber die Wirkung des salpetrigsauren Amyloxyds auf den Blutstrom.

Von

Dr. T. Lauder Brunton.

Mit 6 Holzschnitten.

Auf das salpetrigsaure Amyloxyd hat *Guthrie* zuerst die Aufmerksamkeit der Aerzte und Physiologen gelenkt; bei einer chemischen Untersuchung dieses von *Balard* entdeckten Stoffes bemerkte er, dass sich nach Einathmung seiner Dämpfe das Gesicht lebhaft röthe, dass die Carotiden heftiger klopfen und dass der Herzschlag beschleunigt werde. Einige Jahre nachher behauptete *Richardson*, dass das salpetrigsaure Amyloxyd die Nerven von der Peripherie nach dem Centrum hin lähme, die Contractilität der Muskeln vermindere und Erweiterungen der Blutcapillaren in der Schwimmhaut des Froschfusses herbeiführe. Diese Mittheilung gab Professor *Arthur Gamgee* Veranlassung neue Versuche zu unternehmen. Aus seinen noch nicht veröffentlichten Beobachtungen war der eben genannte Gelehrte so freundlich mir das Folgende mitzutheilen: Ein Einfluss auf die Lebenseigenschaften der motorischen und sensiblen Nerven ist nicht zu finden, ebenso wenig gelang es, eine Erweiterung der Gefässe in der Schwimmhaut zu sehen. Athmet der Mensch die Dämpfe der Verbindung ein, so röthet sich das

Gesicht, und die Pulscurve der *art. radialis*, welche der Sphygmograph aufzeichnet, nimmt eine eigenthümliche Form an; die bedeutendste Abweichung von der normalen Gestalt bietet der absteigende Curvenschenkel, insofern er statt des allmäligen einen sehr plötzlichen Abfall zeigt. Wird in die Carotis des Kaninchens ein Manometer eingesetzt und werden darauf die Dämpfe des salpetrigsauren Amyloxyds durch die Nase eingeführt, so mindert sich die Häufigkeit des Herzschlags und der mittlere Blutdruck nimmt ab.

Auf Grund dieser Beobachtungen habe ich selbst das salpetrigsaure Amyloxyd zuerst mit Erfolg bei Kranken angewendet, die an gewissen Formen von *Angina pectoris* litten.[1]) Hierdurch für das neue Arzneimittel interessirt, ergriff ich während meines Aufenthalts in Leipzig die Gelegenheit um in dem physiologischen Institute dieser Stadt einige Versuche darüber anzustellen, wie die Erscheinungen zu erklären seien, die man mittelst desselben im Blutstrom erzeugt hatte.

Als Versuchsthiere dienten Kaninchen. Im Anschluss an den bisherigen Gebrauch verleibte ich ihnen die Dämpfe des Amylpräparates ein, welche durch die künstliche Respiration in die Lungen geblasen wurden. Zu dem Ende schaltete ich in das Verbindungsrohr zwischen dem Blasebalg und der Trachea eine Nebenschliessung ein; mit andern Worten der an der Trachea und dem Blasebalg einfache Luftkanal war auf einem beschränkten Abschnitt in zwei Zweige zerlegt. In jedem der beiden Zweige sass ein Hahn, durch welchen die Lichtungen eines jeden Rohrenschenkels nach Belieben verschlossen werden konnten. Das Hauptrohr ging unmittelbar aus dem Blasebalg in die Luftröhre, in dem Nebenzweig war dagegen eine kleine Spritzflasche eingesetzt, deren Boden mit salpetrigsaurem Amyloxyd bedeckt war. Je nach der Stellung der Hähne konnte man also der Lunge die atmosphärische Luft rein oder im Gemenge mit den Dämpfen der Amylverbindung zuführen. Die eben geschilderte Einrichtung zog ich der unmittelbaren Anwendung der Dämpfe auf die Nase darum vor, weil es mir darauf ankam, die Wirkung derselben auf den Herzschlag festzustellen. Das Herz des Kaninchens, beziehungsweise die betreffenden Vagusäste desselben sind bekanntlich ungemein empfindlich gegen jede

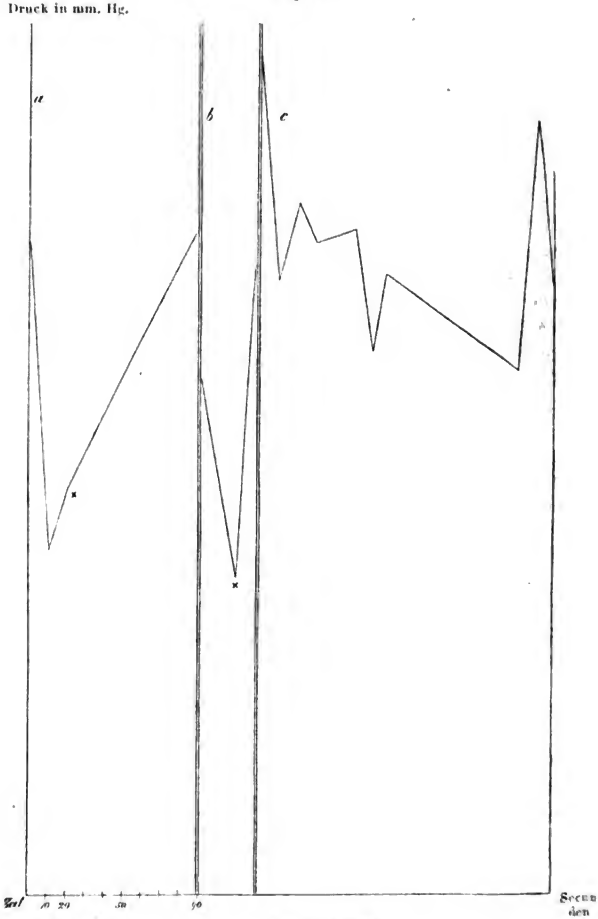
1) The Lancet for July 27 1867.

Aenderung in dem O-Gehalt des Arterienblutes; jede merkliche Abminderung des letztern hat sogleich eine Abnahme der Schlagzahl zur Folge. Nun ereignet es sich aber gewöhnlich, dass die Kaninchen die Athembewegungen einstellen, wenn so stark riechende Dämpfe wie die des salpetrigsauren Amyloxydes vor ihre Nase gehalten werden und dass sie erst mit der beginnenden Athemnoth die Bewegungen wieder ausführen. Damit aber ist auch schon eine Vagusreizung ganz unabhängig von den zugeführten Dämpfen eingeleitet. Zur Anwendung der künstlichen Respiration griff ich diesmal um so lieber, weil der Blasebalg, welcher mir hier zu Gebote stand, durch eine sehr regelmässig arbeitende Maschine getrieben ward, somit konnte ich sicher sein vor Störungen, welche durch ein ungleichförmiges Athmen eingeführt werden. — Das Manometer, mit welchem ich den Druck mass, wurde in die Carotis eingesetzt.

Mit diesen Hülfsmitteln sah ich zunächst, dass der Blutdruck, unmittelbar nachdem die Dämpfe des Amyloxyds eingeblasen waren, rasch absank, ohne dass sich die Zahl der Herzschläge merklich gemindert oder gemehrt hätte. Mit dem Absinken des Drucks stellten sich zugleich Krämpfe in allen Muskeln des Rumpfs und der Gliedmaassen ein, wodurch die von der Amylverbindung eingeleiteten Aenderungen des Blutstroms getrübt wurden. Denn mit dem Eintritt der Krämpfe hob sich der Blutdruck wieder und es wurden zugleich an der aufgeschriebenen Druckcurve die Herzschläge gar nicht oder ungenau zählbar. Um die Krämpfe und damit, wie ich glaubte, auch die Störungen zu vermeiden, welche sich dem reinen Hervortreten der Amylwirkung entgegensetzen, griff ich zur Vergiftung mit Curare. Hiernach schwanden allerdings die Krämpfe; aber es trat ein neues störendes Element ein, was, wie ich vermuthe, in dem Reizungszustande gelegen ist, in den die Gefässmuskeln durch das Curare verfallen.

Allerdings sank auch am curarisirten Thiere der Druck alsbald nachdem das Einblasen der flüchtigen Amylverbindung seinen Anfang genommen hatte, und der Druck erreichte seine ursprüngliche Höhe nicht wieder, während mit der Zuführung des Dampfes fortgefahren wurde: aber das Sinken war kein stetiges, sodass schliesslich der Druck dauernd auf einem bestimmten Minimalwerth angelangt wäre. Im Gegentheil die Quecksilbersäule hob sich und senkte sich und dieses zwar

Fig. 4.



Unvergiftet. Curarevergiftung.

*) Einblasen beendet.

etwa so, wie es *L. Traube* an der Druckcurve des curarisirten Thieres gesehn hat.[1])

Diese Schwankungen sind jedenfalls der Ausdruck zweier im entgegengesetzten Sinne wirksamer Einflüsse. Dieselben könnten gefunden werden einerseits in der Anwesenheit der unzersetzten Moleküle des salpetrigsauren Amyloxyds und anderseits in den aus dem letztern entstandenen Umsetzungsproducten, sodass Alles auf die dauernde Anwesenheit der Amylverbindung zu beziehen wäre, aber nach den vielfach bestätigten Erfahrungen von *L. Traube* konnte auch das Curare, also eine der Amylverbindung fremde Wirkung, für die Ursache der Druckvariation gehalten werden.

In Ermangelung einer andern unverfänglicheren Methode, durch welche auch am unvergifteten Thiere die Wirkung des während einer längern Zeit eingeflössten Amyldampfes sichtbar zu machen wäre, muss ich mich darauf beschränken, die Folgen seiner sehr vorübergehenden Einwirkung vorzulegen. Zu diesem Ende namentlich aber um den Umfang und den zeitlichen Ablauf der Druckerniedrigung zu versinnlichen theile ich die in Figur 1 dargestellten Curven mit, welche durch die ihnen beigegebene Erklärung verständlich sein werden. Beim Beginn jeder der drei hintereinander ausgeführten Beobachtungen *a*, *b*, *c* fängt das Einblasen an; schon 10 Secunden nach demselben ist der Blutdruck sehr tief herabgegangen. Traten Krämpfe ein, wie dieses in der Curve *a* und *b* der Fall ist, welche vor der Curarevergiftung von dem Thiere gewonnen wurden, so stieg der Druck wieder an, trotzdem dass das Einblasen noch fortgesetzt wurde. Wenn aber mit dem Einblasen 20 Secunden nach Beginn desselben aufgehört wurde, so stieg der Druck rasch wieder empor, sodass er in höchstens einer Minute seinen früheren Werth wieder erreicht hatte. Diese Erscheinungsreihe habe ich so oft bestätigt gefunden, als ich die Beobachtung anstellte. Sie weist darauf hin, dass schon minimale Mengen unsres Stoffes von der grössten Wirkung sind; und sie zeigt ausserdem, dass das in das Blut gekommene Gift sehr bald wieder unwirksam gemacht wird, entweder weil dasselbe innerhalb des Körpers zerstört wird oder weil es aus demselben verdunstet.

Die Erniedrigung des Blutdrucks kann nun herrühren ent-

---

1) *L. Traube*, Centralblatt für die med. Wissenschaften 1865. 881.

weder von einer Verminderung der Herzkräfte oder von einer solchen der Widerstände. Für die zweite dieser Unterstellungen spricht die beträchtliche Erweiterung der peripherischen Gefässbezirke, wie man sie nicht allein am Ohr des Kaninchens, sondern auch in auffallendster Weise an der menschlichen Gesichtshaut sieht, namentlich wenn ein Individuum mit sehr reizbarem, leicht erröthendem und erblassendem Gesicht einige mit dem Dampf geschwängerte Athemzüge ausführte. Immerhin erschien es mir noch nothwendig die Frage durch einen Versuch zu entscheiden, um so mehr, als ich dabei auch zu erfahren wünschte, ob die eintretende Gefässerweiterung abhängig sei von einer unmittelbaren Aenderung der Gefässwand oder von einer solchen, die herbeigeführt ist durch die Abschwächung des Tonus, den die Gefässnerven im verlängerten Marke empfangen.

Um verständlich zu machen wesshalb sich mir diese Fragestellung aufdrängte, will ich hier in der Kürze einige Resultate einer andern Versuchsreihe einschalten, die ich ebenfalls in Leipzig begonnen aber leider noch nicht vollendet habe.

Durch die bemerkenswerthen Beobachtungen von *M. Schiff*, welche eine allseitige Bestätigung erfahren haben, ist es bekannt, dass der Durchmesser der Arterien des Kaninchenohres sehr häufig in Schwankungen begriffen ist. Ich habe nun gefunden, dass diese Erscheinung dem Ohr der Kaninchen keineswegs allein eigenthümlich ist, sondern dass man sie in gleich ausgesprochener Weise auch an allen andern freigelegten Arterienzweigen der Haut und des Bindegewebes beobachten kann. Diese Schwankungen des Durchmessers zeigen anderwärts grade so wie am Kaninchenohr grosse Unregelmässigkeiten, indem sie an demselben Ort bei dem einen Thiere deutlicher und häufiger auftreten als bei einem andern und als sie zu verschiedenen Zeiten bei demselben Thier fehlen und vorhanden sein können.

Diese Veränderungen des Arteriendurchmessers sind mindestens zum Theil vollkommen unabhängig von den Erregungen, welchen die Gefässnerven im Hirn ausgesetzt sind; denn sie bestehen an den Arterien des Ohrs und an denen der übrigen Körpertheile unverändert fort, wenn man auch sämmtliche Nerven, sympathische und cerebrospinale durchschnitten hat, die in dem zu beobachtenden Orte sich verbreiten, ja sie ver-

schwinden nicht nach der Durchschneidung des Halsmarkes trotz des sehr niedrigen Blutdruckes, der dann noch übrig bleibt. Die beschriebenen Bewegungen der grossen und kleinen Arterien treten, wie erwähnt, nicht bei jedem Thiere und nicht zu jeder Zeit gleich deutlich ein. Fehlen dieselben, so kann man sie in der Regel hervorrufen, entweder durch Vergiftung mit Curare oder durch Unterbrechung der Athmung. Sind dieselben einmal geweckt, so pflegen sie sich auch dann noch fortzuerhalten, wenn selbst nachträglich die Athmung auf das Sorgfältigste geregelt wird. Da durch die Untersuchungen von *L. Traube*, *Thiry* und *Kowalewsky* [1]) bekannt ist, dass in Folge der Curarevergiftung und der gestörten Athmung der Blutdruck in den Arterien erster Ordnung sehr grosse Variationen erfährt, so muss der Gedanke erwachen, es seien diese letztern Schuld an den Veränderungen der Durchmesser der kleinsten Arterien. Diese an und für sich annehmbare Erklärung erweist sich aber als unhaltbar wegen des Ganges, den die Verengerungen und Erweiterungen in den kleinen Arterien darbieten. Sehr häufig stellt sich nämlich plötzlich im Verlauf einer kleinen Arterie mitten zwischen zwei mit Blut erfüllten Stücken eine Einschnürung ein, sodass ein Verhalten zum Vorschein kommt, wie man es schon seit langer Zeit am ausgeschnittenen Dünndarm kennt. — In den Bezirken, deren Nerven sämmtlich durchschnitten sind, erhalten sich die Arterienwände auch noch in einer andern Beziehung dem ausgeschnittenen Darme ähnlich. Jede leiseste Berührung einer beschränkten Stelle ruft eine Bewegung hervor, die sich meist auf den getroffenen Ort beschränkt. Diese durch den unmittelbaren Einfluss erzeugte Veränderung besteht jedoch, so weit ich gesehen, nicht vorwiegend in einer Verengerung der Lichtung wie beim Darm, sondern vorzugsweise in einer Erweiterung derselben, welche sehr lange als eine partielle Ausbuchtung bestehen bleibt und die sich nur allmählig ausgleicht. Da schon *Gunning* und *Cohnheim* Aehnliches an der Schwimmhaut und der Zunge des Frosches beobachtet haben und da *Sadler* auch an den Gefässen der Skeletmuskeln der Hunde auf Thatsachen gestossen ist, die sich nur durch Eigenbewegung der Gefässwand erklären lassen, so scheint die selbstständige Veränderung dieser

1) Centralblatt für die med. Wissenschaft 1868. 579.

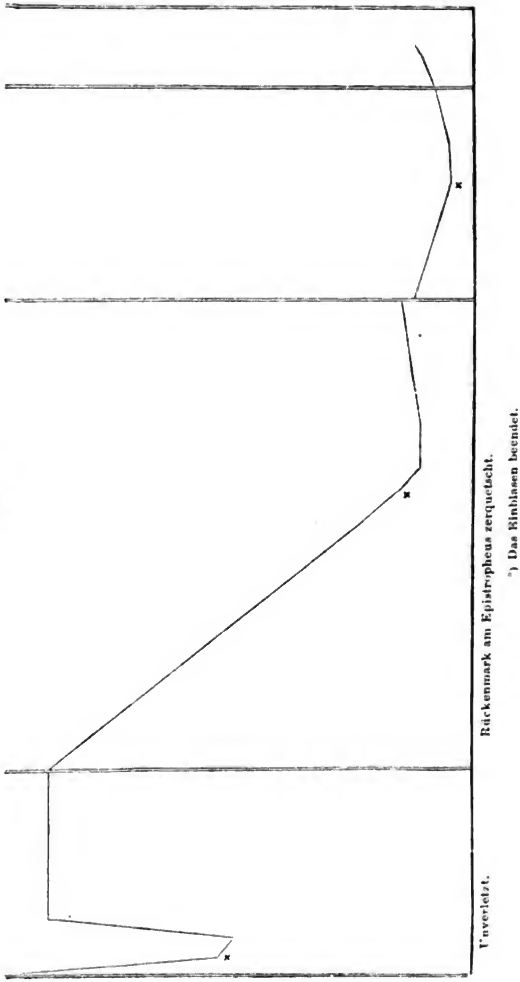
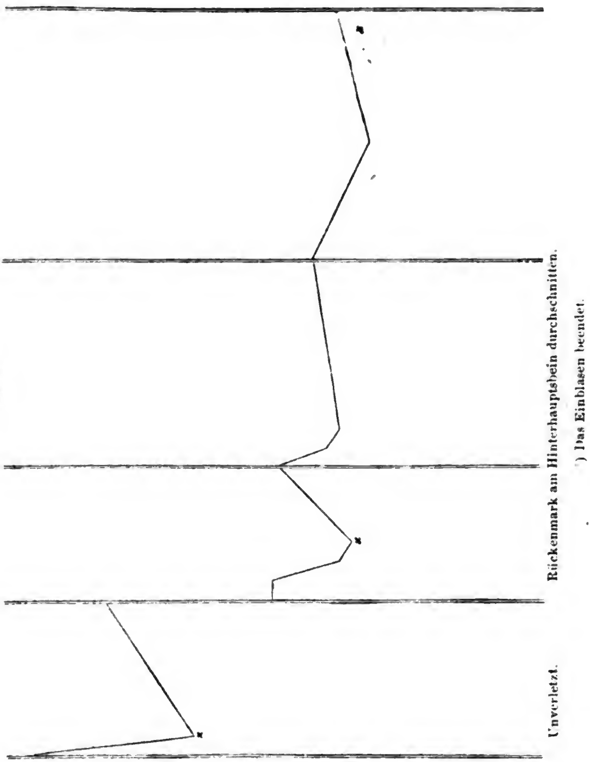

Unverletzt.
Rückenmark am Epistropheus zerquetscht.
*) Das Einblasen beendet.

Fig. 2.

letztern ein weit verbreitetes und darum wichtiges Ereigniss zu sein.

Wenn ich nun zu den Versuchen mit salpetrigsaurem Amyloxyd zurückkehre, so wird es einleuchten, warum ich den

Fig. 8.



Dampf der genannten Verbindung auch solchen Thieren einblies, deren Rückenmark vorgängig durchschnitten worden war.

Meine Vermuthung, dass an den Thieren, die dieser Operation unterworfen worden waren, die Druckminderung in Folge

der Amylwirkung nicht ausbleiben werde, hat sich vollkommen bestätigt. Als Beispiele für den Befund mögen die in Fig. 2 und 3 wiedergegebenen Beobachtungen an zwei verschiedenen Kaninchen dienen.

Jedem der beiden Thiere wurden vor der Durchschneidung des Halsmarks die Dämpfe des salpetrigsauren Amyloxyds eingeblasen. In diesem Stadium des Versuchs trat das schon bekannte Resultat zu Tage. Nach der Durchschneidung des Halsmarks, welche unmittelbar unter dem Atlas geschah, sank bei dem Thier II der Druck ungewöhnlich tief herab; als er constant geworden war, bewirkte das Einblasen der Dämpfe ein neues Sinken des Blutdruckes, das also auf die Rechnung des salpetrigsauren Amyloxyds zu setzen war. Der Werth des Abfalls war nach absolutem Maasse gemessen allerdings ein geringer; nach relativem Maasse war dagegen die Aenderung noch eine sehr bedeutende. Die Erscheinungen des Sinkens eines schon an und für sich niedern Druckes sind hier denen analog, welche man zu sehen pflegt wenn der zweite *n. splanchnicus* noch durchschnitten wird, nachdem vorher schon der erste durchtrennt war.

Als das Einblasen ausgesetzt wurde erhob sich der Blutdruck nicht alsbald wieder auf seine frühere Höhe, sondern er sank vorerst noch tiefer um sich dann erst ganz allmählig zu erholen. Dieser Erfolg kann zwei Erklärungen finden. Aus andern Versuchen, die im hiesigen Laboratorium unternommen wurden, ist mir bekannt, dass die Geschwindigkeit des Blutstroms sehr stark heruntergeht, wenn das Halsmark durchschnitten ist. Da die Zuführung und die nachfolgende Entfernung der Amylverbindung in Abhängigkeit von der Stromgeschwindigkeit des Blutes stehen muss, so wäre der langsame Ablauf der Druckschwankung vielleicht hieraus zu erläutern. Möglich ist aber noch ein anderer Grund. Bei dem vorliegenden Thiere sank nämlich die Pulszahl in der Zeiteinheit von 9 auf 4 herab. Dieses Herabgehn, welches wohl die Folge des sehr verminderten Druckes gewesen ist, kann ebenfalls an der langsamen Erholung Schuld sein. — Eine Wiederholung der Einathmung bei dem Thier ergab dasselbe Resultat.

Bei dem zweiten Kaninchen (Fig. 3) erniedrigte sich nach Durchschneidung des Halsmarks der Druck nicht so bedeutend als im vorhergehenden Fall. Auch bei ihm sehen wir durch

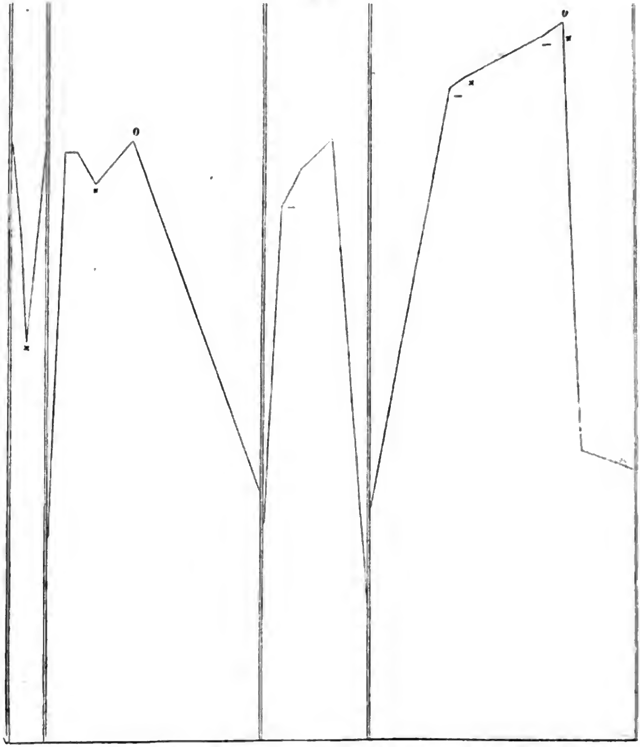
die Einathmung der Amylverbindung den Druck noch weiter heruntersteigen. Da das Thier wegen seines höhern Blutdrucks eine öftere Wiederholung des Versuchs vertrug, so benutzte ich die Gelegenheit, um statt der bis dahin geübten kurzdauernden Einverleibung eine längere 87 Secunden anhaltende stattfinden zu lassen. Während dieser langen Einblasung ging der Druck nicht tiefer herab als während der kürzern, ja gegen Ende des Einblasens erhob er sich sogar wiederum ein Kleines. Diese Thatsache ist mit Rücksicht auf die frühere Bemerkung das curarisirte Kaninchen betreffend nicht ohne Bedeutung. Dieses Thier (3) zeigte von dem vorhergehenden auch insofern ein abweichendes Verhalten, als sich die Pulszahl während und nach der Einblasung nicht änderte; trotzdem trat auch hier die Wiederherstellung des höhern Druckes sehr langsam ein und als die Lungen des Thiers den Amyldämpfen sehr anhaltend ausgesetzt gewesen waren erhob sich zwar der Druck nach Beendigung des Einathmens der Amyldämpfe, aber er kehrte nicht mehr zu seiner frühern Höhe zurück. Dieser Umstand muss es sehr wünschenswerth erscheinen lassen, eine Methode zu finden, die an dem unversehrten Thier eine längere Einwirkung des salpetrigsauren Amyloxyds erlaubt.

Nach diesen Versuchen, denen ich noch einige gleichbeschaffene zufügen könnte, wird es keinem Zweifel unterliegen, dass das salpetrigsaure Amyloxyd zu den Stoffen gehört, welche unmittelbar auf die Gefässwand lähmend wirken. Zweifelhaft bleibt es nur noch, ob die Nervenendigungen oder die Muskeln selbst ergriffen werden. Zudem werden weitere Versuche darüber anzustellen sein, ob die Gefässwand die einzige unter den aus glatten Muskeln hergestellten Häuten ist, welche der Vergiftung durch salpetrigsaures Amyloxyd zugänglich ist.

Um auch den letzten Einwand wegzuräumen, der gegen das soeben mitgetheilte Ergebniss erhoben werden könnte, habe ich mich um den directen Beweis dafür bemüht, dass die Erniedrigung des Blutdruckes in Folge des salpetrigsauren Amyloxyds unabhängig ist von einer Schwächung der Herzkräfte. Der Plan, nach welchem ich die hierauf zielenden Versuche ausführte, bestand darin, den Thieren die a. aorta unmittelbar unterhalb des Zwergfells zusammenzupressen und sie währenddess den Dämpfen der Amylverbindung auszusetzen. Wenn

das salpetrigsaure Amyloxyd eine schwächende Wirkung auf das Herz ausübt, so hätte nun der Druck, auf welchen sich das Blut nach der Verschliessung der Aorta erhoben hatte, alsbald wieder absinken müssen, nachdem mit dem Einblasen der ge-

Fig. 4.

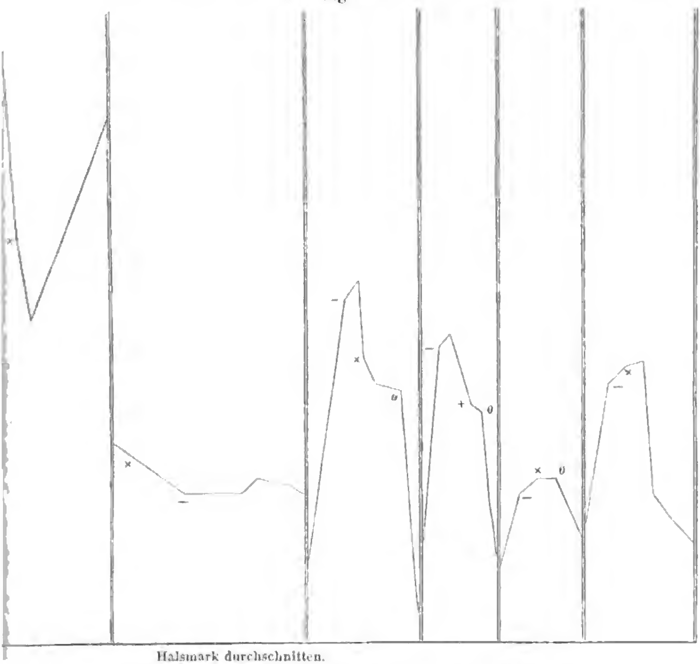


— Einblasen begonnen; + Einblasen beendet; im Beginn der drei letzten Beobachtungen Aorta comprimirt; 0 Aorta geöffnet.

nannten Verbindung der Anfang gemacht worden war. Dieses Absinken hätte sich selbstverständlich in einem um so höheren Grade einstellen müssen, je bedeutender das Herz unter der Einwirkung unseres Giftes gelitten hätte. Aus einer nähern

Ueberlegung der Bedingungen, unter welchen der soeben skizzirte Versuch ausgeführt wird, ergiebt sich jedoch sogleich, dass man nicht immer auf ein vollständiges Ausbleiben der Drucksenkung rechnen könne; dieses darum nicht, weil ja durch die Verschliessung der Bauchaorta nicht alle Wege abgeschnit-

Fig. 5.



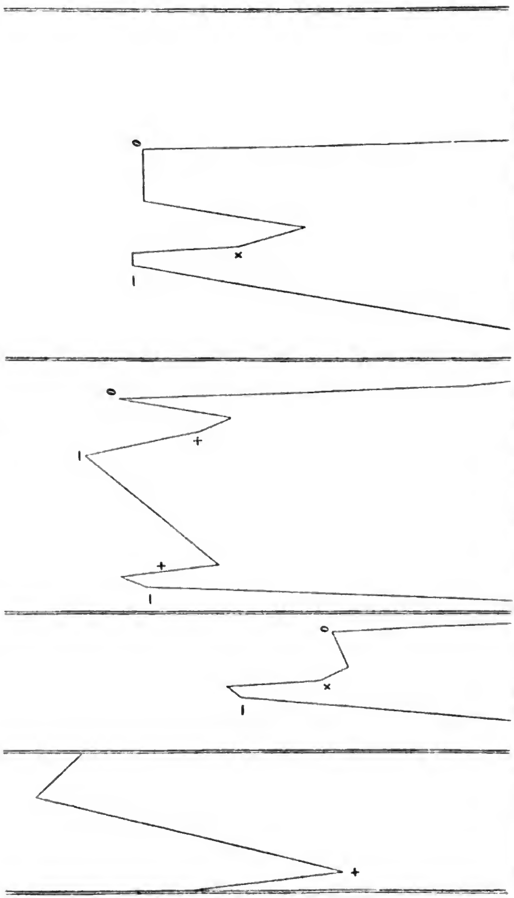
Halsmark durchschnitten.

In den 4 letzten Beobachtungen Aorta comprimirt; bei 0 Aorta geöffnet; — Einblasung begonnen; + Einblasung beendet.

ten sind, durch welche das Blut aus der Brustaorta entweichen kann. Diese noch offen gelassenen Wege werden sich unter dem Einflusse des Amyloxyds erweitern und hierdurch wird eine Druckerniedrigung möglich werden. Um den Werth dieser letzteren in engere Grenzen einzuschliessen, unternahm ich die Aortencompression nur an solchen Thieren, denen das Hals-

mark zerschnitten war. Durch diese Operation war auch die Wandung der nicht verschlossenen Gefässe erschlafft und ich hatte somit zu erwarten, dass die durch die Wirkung des Amyl-

Fig. 6.



Die Ordinaten, welche den Druck angeben, beginnen 50 mm. über der Abscisse. In den drei letzten Beobachtungen Rückenmark durchschnitten und Aorta comprimirt; bei 0 Aorta geöffnet; — Einblasung begonnen; + Einblasung aufgehört.

oxyds hinzutretende Abspannung von einer geringern Folge für das beschleunigte Abfliessen des Blutes sein werde, als wenn das Amyloxyd auf die noch dem normalen Tonus ausgesetzten Gefässwandungen wirksam geworden wäre.

Die Resultate dieser Versuche sind repräsentirt durch die Figuren 4, 5 und 6. Zum Verständniss derselben führe ich an, dass die erste Einathmung an jedem der drei Thiere geschah, bevor das Rückenmark verletzt oder die Aorta comprimirt war. Diese Versuche wurden in der Absicht vorausgeschickt um die Empfänglichkeit des möglichst normalen Thieres gegen das Gift zu prüfen. Nachdem hierauf das Rückenmark durchschnitten war, wurde entweder noch vor der Compression der Aorta ein Versuch angestellt, wie ihn Fig. 5 zeigt, oder es wurde auch sogleich die Bauchaorta mit dem Finger zusammengedrückt. Als in Folge dieses Eingriffs der Blutdruck hoch angewachsen war, wurde nun mit dem Einblasen der giftigen Dämpfe begonnen. Ueberblickt man die Folgen, welche hierdurch in zweien der vorgeführten Versuche (Fig. 4 und 5) eintraten, so gewahrt man ein veränderliches Verhalten. Oefter hält sich während des Einblasens der Druck unverändert oder er steigt sogar, statt wie sonst zu sinken. Zuweilen aber stellte sich während desselben auch ein Sinken des Drucks ein, das jedoch viel geringer ist als es während der ersten Einathmung am unverletzten Thiere gewesen. Bei dem dritten Versuche (Fig. 6) findet sich während der Aortencompression und des gleichzeitigen Einblasens jedesmal ein Absinken des Druckes ein, das auch rasch wieder verschwindet, wenn mit dem Einblasen der giftigen Dämpfe aufgehört wurde. Aber auch diese Druckverminderung ist um ein Beträchtliches geringer als die vor der Markzerschneidung und der Aortencompression aufgetreten war.

Aus diesem Resultate dürfte man zu der Ueberzeugung gelangen, dass das salpetrigsaure Amyloxyd, wenn überhaupt, doch zum mindesten nicht mächtig genug auf das Herz wirke um das beträchtliche Abfallen des Druckes zu erklären, welches seine Einathmung vor der Aortencompression herbeiführt. Ueberlegt man nun, dass es Fälle giebt, in welchen der Druck gar nicht absinkt nachdem er durch die Verschliessung der Aorta emporgetrieben wurde, und bedenkt man ferner, dass die schwächern Druckabfälle, welche während des Aorten-

schlusses eintraten, ihre genügende Erklärung durch die Erweiterung der Schlüsselbein- und Kopfarterienzweige finden; erwägt man endlich, dass die Zahl der Herzschläge durch das Einblasen des giftigen Dampfes keine Veränderung erfährt, so dürfte man zu der Ueberzeugung gelangen, dass das salpetrigsaure Amyloxyd auf das Herz überhaupt keine unmittelbare Wirkung übt.

Ein Symptom, welches eine besondere Erklärung bedürfte, sind die Krämpfe der Skeletmuskeln, welche ausnahmslos beim Kaninchen eintreten, das nicht mit Curare vergiftet und dessen Rückenmark nicht durchschnitten ist. Ich habe es einstweilen unterlassen, nach einer Erklärung für dieselben zu suchen, da ich ihren Eintritt niemals bei den Menschen beobachtet habe, welche salpetrigsauren Amyloxyd einathmeten.

Schliesslich lasse ich noch die Zahlen folgen aus denen die Figuren der vorstehenden Abhandlung construirt sind. — Ich bitte bei der Durchsicht die Pulszahlen zu beachten.

Datum des Versuchs und No. der Beobachtung	Zeit in Secunden	Einathmen von salpetrigs. Amyloxyd	Blutdruck in Mm. Hg.	Puls-Zahl in der Zeiteinheit	Bemerkungen
Juli 9.					Zu Fig. 1.
1.	0	begonnen	104.5	9	
	10		57	9	Krämpfe
	22	aufgehört	65		
	59		90		
	87		108		
2.	0	begonnen	83	9	
	19	aufgehört	52	9	Krämpfe
	33		102		
	36		98		
3.	3		141	11,5	Mit Curare vergiftet
	6		157	11,5	
	12	angefangen	139	11,5	
	19		99		
	30		112		
	41		106		
	59		108		
	72		88		

Datum des Versuchs und No. der Beobachtung.	Zeit in Secunden	Einathmen von salpetrigs. Amyloxyd	Blutdruck in Mm. Hg.	Puls-Zahl in der Zeiteinheit	Bemerkungen.
Juli 9.					Zu Fig. 1.
3.	77		101		
	151		85		
	159		126	11,0	
	165		101		
4.			75	12?	
	1	angefangen	38		
		aufgehört	67		
	3	angefangen	78		
	6		67		
	14		62		
	21	aufgehört	64		
	36		64		
Juli 24.					Zu Fig. 2.
1.	0	angefangen	72	10	
	8	aufgehört	41		Krämpfe
	17		38	11	
	30		68		
	108		68		
2.	0	angefangen	18	9	Rechte Hälfte des Rückenmark durchschnitten.
	20	aufgehört	11	5	
	25		8,5	4	
	53		8	4	
	114		11	8	
3.	0	angefangen	9	9	
	4	aufgehört	3,5	6	
	20		4	4	
	46		6	8	
	später		9	9	
Juli 23.					Zu Fig. 3.
1.	0	angefangen	81	9 u. 11	
	14	aufgehört	56	11	
	87		70		
2.	0	angefangen	43	8	Rückenmark am occiput durchschnitten.
	6		43	8	
	25	aufgehört	32	8 u. 7,5	
	33		30	8	
	64		42		
3.	0	angefangen	42		
	7		34		
	20	aufgehört	32		
	112		36		

Datum des Versuchs und No. der Beobachtung.	Zeit in Secunden	Einathmen von salpetrigs. Amyloxyd	Blutdruck in Mm. Hg.	Puls-Zahl in der Zeiteinheit	Bemerkungen.
Juli 23.					Zu Fig. 3.
4.	0	angefangen	38		
	42		29		
	87	aufgehört	31		
5.	0		32		
	56	fing an	27		
	123		32		
Juli 31.					Zu Fig. 4.
1.			95		
	7	angefangen	65		
	12	aufgehört	95		
			36		Rückenmarkdurchschnitt. zwischen atlas u. occiput.
2.	0	angefangen	95	6,5	Aorta comprimirt
	8	aufgehört	95	6	
	16		90		
	33		97	6	
	100		40	8	Aorta losgelassen.
3.			36		
		angefangen	86	5,5	Aorta comprimirt.
	12		92	5	
	31		97	5	
	50		22	6	Aorta losgelassen.
4.	0		38	6	
	28	angefangen	105	7	Aorta comprimirt.
	42	aufgehört	107	7	
	70	angefangen	112	6	
	84	aufgehört	114		
	92		116		
	106		47		Aorta losgelassen
	134		44		
Aug. 9.					Zu Fig. 5.
1.	0	angefangen	97		
	8	aufgehört	65		Krämpfe.
	14		52		
	56		85		
2.	0	angefangen	32	6	Rückenmark durchschnitten.
	8	aufgehört	30	6	
	36		24		
	70		24	6	
	76		26	6	
	92		25		
	98		24		

Datum des Versuchs und No. der Beobachtung.	Zeit in Secunden	Einathmen von salpetrigs. Amyloxyd	Blutdruck in Mm. Hg.	Puls-Zahl in der Zeiteinheit	Bemerkungen.
Aug. 9					Zu Fig. 5.
3.	0		13		
	17	angefangen	55		Aorta comprimirt.
	24		58		
	27	aufgehört	45		
	33		41		
	47		40		
	53		7		Aorta losgelassen.
	67		3		
4.			14	6,5 u. 7	
	11	angefangen	47	6,5	Aorta comprimirt.
	16		49	6	
	23	aufgehört	38	6	
	28		37	8	
	33		14	7	Aorta losgelassen.
5.			13	6	
	12	angefangen	23	6	Aorta comprimirt.
	22	aufgehört	26	5,5	
	33		26	5,5	
	47		17	7	Aorta losgelassen.
6.			19	5	
	12	angefangen	41	6	Aorta comprimirt.
	19	aufgehört	44	6	
	26		45		
	32		23	6	Aorta losgelassen.
	50		16	6,5	
Aug. 12.					Zu Fig. 6.
1.	0	angefangen	97		
	5	aufgehört	76		Krämpfe.
	47		126		
	110		149		
2.			20	8	Rückenmark durchschnitten.
	25	angefangen	92	7	Aorta comprimirt.
	31		95	8	
	33	aufgehört	80	6,5	
	38		75	8	
	61		78	7,5	
	72		20		Aorta losgelassen.
3.			24	7	
	14	angefangen	107	7	Aorta comprimirt.
	21		113	7	
	22	aufgehört	105	6,5	

Datum des Versuchs und No. der Beobachtung.	Zeit in Secunden	Einathmen von salpetrigs. Amyloxyd	Blutdruck in Mm. Hg.	Puls-Zahl in der Zeiteinheit	Bemerkungen.
Aug. 12.					Zu Fig. 6.
3.	23		96	7	
	84	angefangen	118	7	
	86		114	7	
	98	aufgehört	99	7	
	103		94	8	
	115		113	7	
	127		26	7	Aorta losgelassen.
	140		24	7	
4.			23	8	
	0	angefangen	110	7	Aorta comprimirt
	6		110	7	
	8	aufgehort	92	7	
	18		82	7	
	34		108		
	67		108	7	
	70		33	7,5	Aorta losgelassen
	77		20	7	
	137		17	7	
5.			18		
	5	angefangen	106		Aorta comprimirt.
	10		108		
	15	aufgehört	92		
	24		85		
	82		104		
	84		27		Aorta losgelassen.
	93		17		

Ueber die Grundsubstanz und die Zellen der Hornhaut des Auges.

Von

F. Schweigger-Seidel.

Mit zwei Tafeln.

I.

Die Behandlung der thierischen Gewebe mit *Argent. nitric.*, welche gerade für die in den letzten Jahren geltend gemachten Anschauungen über den Bau der Hornhaut von besonderer Wichtigkeit, war für mich schon einmal der Gegenstand einer ausführlicheren Besprechung.[1] Ich finde nicht, dass die damals aufgestellten Behauptungen eine Widerlegung erfahren hätten, mag man sich auch in zum Theil recht allgemein gehaltenen Ausdrücken gegen sie ausgesprochen haben. Wenn ich daher jetzt auf dieses Thema zurückkomme, so geschieht es nicht nur, um einige Missverständnisse aufzuklären, sondern hauptsächlich um meine früheren Behauptungen zu erweitern und durch neue Beobachtungen vollständiger zu begründen, damit die nicht bloss in methodischer Beziehung wichtige Frage nach dem Werth der Silberbilder zur endgültigen Entscheidung gebracht werde.

In Folge einzelner Aeusserungen sehe ich mich zuvörderst zu der Bemerkung veranlasst, dass ich durchaus nicht gegen ein Kanalsystem im Bindegewebe überhaupt aufgetreten bin,

1) Sitzungsber. d. K. S. Gesellschaft d. Wissenschaften zu Leipzig. Bd. XVIII, S. 329; oder: Arbeiten aus d. physiologischen Anstalt zu Leipzig v. Jahre 1866 S. 150.

vielmehr ganz speciell nur die Deutung angegriffen habe, welche den auf der Oberfläche der serösen Häute und der Gelenkmembranen bei Behandlung mit Silberlösung auftretenden Bildern zu Theil geworden, wobei ich das durch Silber hervorgerufene Lückensystem, wie allgemein üblich, das System der *v. Recklinghausen*'schen Saftkanälchen nannte. Wenn man daher jetzt anfängt, von platten Zellen ausgekleidete Spalten im Bindegewebe als Saftkanälchen zu bezeichnen [1]) und dabei behauptet, ich habe das Vorhandensein der Saftkanälchen ganz geläugnet, so ist das offenbar eine etwas starke Verschiebung der thatsächlichen Verhältnisse. An der Praeexistenz gewisser Spalträume im Bindegewebe habe ich nie gezweifelt, und habe noch weniger einen Zweifel ausgesprochen, wesshalb es in der That gar keinen Zweck hat meinen Einwürfen gegen die Silberbilder entgegenzuhalten den Hinweis auf Saftkanälchen im Allgemeinen und die der Nabelschnur im Besonderen, ohne zugleich die Berechtigung nachzuweisen, natürliche Spalten und Silberlücken einander vollkommen gleich setzen zu dürfen. Diese Berechtigung habe ich bestritten und werde ich auch fernerhin bestreiten.

Das Endresultat meiner früheren Untersuchungen war folgendes: Die bei Anwendung von Silberlösung auf Bindegewebshäute unmittelbar unter dem Epithel derselben hervortretenden sternförmigen Hohlräume stehen zur eigentlichen Textur der Gewebe in keiner Beziehung, sondern sind im Wesentlichen nur bedingt durch die coagulirende Wirkung des Silbersalzes auf eine formlose, mehr oder weniger fest anhaftende dünne Schicht einer eiweissartigen Substanz. Nach Reduction der Silberverbindung scheint es alsdann, als ob in einer gefärbten Grundsubstanz ein Kanalsystem vorhanden sei.

Die Beweisführung war bisher insofern keine allgemeine, als ich früher eine bestimmte Oertlichkeit, an welcher sich die vermeintlichen Saftkanälchen besonders schön darstellen lassen, ausdrücklich von der Berücksichtigung ausgeschlossen hatte. [2])

---

1) *Köster, K.*, Ueber die feinere Structur der menschl. Nabelschnur. Inaugur. Dissertat. *Würzburg* 1868. Es ist dem Herrn Vf. anzurathen, Arbeiten, über die er sich ein Urtheil erlaubt, genau durchzulesen, damit er wisse, was darin steht und danach seine Ausdrücke bemesse.

2) l. c. p. 338 resp 189.

Es ist dies die Hornhaut. Wie ich damals hervorhob, gestalten sich in ihr die Verhältnisse complicirter, indem sie Körperchen mit strahlig angeordneten Ausläufern beherbergt, die in ihrer Form den sternförmigen Silberlücken vollständig zu entsprechen scheinen. Zweifel an der natürlichen Vorbildung beider konnten eben nur auf Grund anderweitiger Erfahrungen aufsteigen, aber diese Erfahrungen waren gerade hinreichend, um zu einer erneuten genauen Untersuchung zu drängen, wenn auch der Erfinder der Saftkanälchen seine Lehre bezüglich der Hornhaut für so vollkommen gesichert hält, dass er mit dem einfachen Hinweis auf sie die anderen Angriffe abschlagen zu können vermeint.[1]) Selbstverständlich ist dies kein wissenschaftliches Verfahren.

Ich glaube, dass die Discussion über die Silberbilder sich wesentlich vereinfachen wird, wenn ich zuvörderst das angebe, was durch verschiedenartige andere Beobachtungen über den Bau der Hornhaut festgestellt werden kann, da die Sicherheit der Resultate offenbar eine um so grössere, je freier von Einwürfen die angewendete Untersuchungsmethode ist. Ueber die Hornhaut ist bekanntlich schon manches Wort gesprochen worden und da den Lesern dieser meiner Arbeit die früheren Angaben nicht neu sein können, so darf ich wohl von einer entwicklungsgeschichtlichen Darstellung der Lehre absehen. Auf Grund der immerhin nothwendig werdenden Citate wird die jedesmalige Uebereinstimmung oder Abweichung leicht aufgefunden werden können.

II.

Die Grundsubstanz der Hornhaut ist eine fibrilläre. Wie beim gewöhnlichen Bindegewebe hat man die Fibrillensubstanz zu trennen von einer zwischen ihre Elemente eingelagerten formlosen Eiweisssubstanz (Kittsubstanz); die Reichhaltigkeit derselben bedingt bei der Feinheit der Fibrillen den Anschein einer fast vollständigen Homogenität des Hornhautgewebes.

---

1) *v. Recklinghausen*, Das Lymphgefässsystem. *Stricker's* Handbuch der Gewebelehre S. 228.

Beide Substanzen kann man leicht getrennt von einander gewinnen. *Bruns*, welcher die aus der Hornhaut zu extrahirenden Eiweissstoffe neuerdings untersuchte,[1]) fand neben einem in Wasser löslichen Alkalialbuminat noch einen dem Myosin gleichzusetzenden Körper und will denselben von den zelligen Elementen ableiten. Richtig ist, dass man bei Behandlung der Cornea mit 10 proc. Kochsalzlösung eine Substanz erhält, welche vollständig die Reactionen des sogen. Myosins giebt und welche entschieden den Hauptbestandtheil der durch Extraction überhaupt zu gewinnenden Stoffe bildet. Verfolgt man jedoch mit dem Mikroskope die durch Kochsalzlösung im Hornhautgewebe hervorgerufenen Veränderungen, so kann es nicht zweifelhaft bleiben, dass eine Lösung der interfibrillären Kittsubstanz vorliegt.[2]) Maceration von Schnitten frischer Hornhäute in der bestimmten Kochsalzlösung bietet uns ein sicheres Mittel, um die Fibrillen isolirt zu gewinnen. *Rollet* bediente sich bekanntlich zu demselben Zweck des übermangansauren Kali.[3])

Vollständig von einander gelöst sind die Hornhautfibrillen von der äussersten Feinheit und dürfen als solche nicht verwechselt werden mit den zarten Bündelchen oder Fasern, welche durch ihre Aneinanderlagerung entstehen.[4]) Die Fibrillenbündel sind weiterhin zu dünnen Schichten angeordnet, welche im Allgemeinen parallel der Hornhautoberfläche gelagert sind. Da die Richtung der Fibrillen in diesen Schichten eine wechselnde, bei zwei sich deckenden Lagen eine fast rechtwinklig gekreuzte ist, so müssen auf Querschnitten der Hornhaut die Fibrillen bald mehr in der Längs- bald mehr in der Querlage getroffen sein. An der einfach erhärteten Cornea gelingt es allerdings zumeist nicht (wegen der anscheinenden Gleichartigkeit der Substanz) dies Structurverhältniss wahrzunehmen, aber

---

1) Tübinger medic. chem. Untersuchungen 2. Heft S. 260.

2) Das Nähere findet sich in dem dieser Arbeit beigegebenen Anhange, in dem die Wirkung der 10 proc. Kochsalzlösung auf die Gewebe eingehender besprochen wird. Daselbst wird auch auf das chemische Verhalten der Fibrillensubstanz Rücksicht genommen werden.

3) *Rollet*, Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. Bd. XXXIII, S. 516.

4) *W. Kühne* nennt im Lehrbuch d. physiol. Chemie S. 386 die aus der Hornhaut durch übermangans. Kali darstellbaren »Fibrillen« geradezu breiter als die Fibrillen des Bindegewebes.

man kann es deutlich hervortreten lassen, wenn man in die frische Hornhaut vermittelst Einstichinjection eine Gerbsäure-Lösung von etwa 1 proc. oder auch dünnen Alkohol unter schwachem Druck eintreibt und die in Folge davon verdickte Substanz auf Querschnitten untersucht. Durch die injicirte Flüssigkeit werden die Fibrillen auseinander gedrängt, die Schichten schwellen an, und die Verschiedenheit der Lagerung gewinnt an Deutlichkeit, Fig. 1. Zweifellos dieselben Bilder erhielt *Henle* an einer durch entzündliche Infiltration verdickten Hornhaut.[1]) Durch derartige Präparate gewinnt man freilich keine richtige Vorstellung von der Dicke und der Vertheilung der einzelnen Schichten, deren Spaltung in Wirklichkeit eine viel ausgesprochenere, als es so erscheint. Desshalb gebe ich die bei 500facher Vergrösserung gezeichnete Abbildung Fig. 3, entnommen einem Querschnitte der Hornhaut des Hundes, welche ohne Formveränderung in der von *Merkel* empfohlenen Mischung von Chromsäure und Chlorplatin[2]) erhärtet worden war.[3])

Man pflegt vielfach von Hornhaut-Lamellen zu reden, darf dies aber nie in dem Sinne thun, als ob eine wirklich naturgemässe Trennung der einzelnen Faserschichten vorhanden sei, da nachweisbar die Fibrillen aus der einen Schicht in die benachbarten übertreten. Die Durchflechtung der Fibrillenbündel bewirkt den natürlichen Zusammenhang der Lamellen und nicht eine zwischen letztere abgelagerte Kittsubstanz. Lässt man Schnitte frischer Hornhäute in Kochsalzlösung liegen und sucht sie dadurch von der Kittsubstanz möglichst zu befreien, so verbreitern sie sich beträchtlich in Folge einer Quellung der Kittmassen, aber in keinem Stadium der Maceration bemerkt man eine Loslösung der Lamellen. Ersichtlich ist ferner, dass die Annahme gesonderter Lamellen einen anderen Erfolg der erwähnten Einstichinjectionen erwarten lässt. Macht man derartige Querschnitte in Wasser aufquellen und versucht sie sodann der Breite nach auseinander zu ziehen, so trennen sich wiederum niemals Lamellen von einander, sondern es legen

---

1) *Langhans*, Zeitschrift f. rat. Medicin 3. R. Bd. 12, S. 9 u. *Henle*, Eingeweidelehre S. 595, Fig. 454.

2) *Merkel, Fr.*, Ueber die Macula lutea des Menschen. Leipzig 1870.

3) Ueber Fibrillen u. Fasern vergl. auch *Engelmann* (Ueber die Hornhaut des Auges, Leipzig 1867), welcher seine Angaben stützt auf die Untersuchung der frischen Cornea vom Frosche.

sich die quergetroffenen Schichten um, indem ihre Formelemente mit den Längslagen in Verbindung bleiben. Wir erhalten Bilder, wie Fig. 2. Zwischen den von rechts nach links ziehenden Längslagen *a* u. *b* befindet sich die auf die Seite gelegte Querschicht *c*, zusammengesetzt aus bandartigen Fasern (Fibrillenbündel), deren Vertheilung gerade hier gut zu übersehen ist und in Rücksicht auf die entsprechende Vertheilung der interfibrillären Massen beachtenswerth erscheint. Ein Theil der Fibrillenbündel geht in die obere, der andere in die untere Längsschicht über; soll *a* u. *b* noch weiter von einander entfernt werden, so kann dies meiner Anschauung nach nur geschehen, indem die Fasern in der Schicht *c* sich bis zur vollständigen Trennung so neben einander verschieben, wie die Finger aneinander hingleiten, wenn die gefalteten Hände auseinander gezogen werden. Günstigen Falls erkennt man bei stärkerer Vergrösserung den Austausch der Fibrillen zwischen den einzelnen Lagen verschiedener Richtung unmittelbar, wenigstens erschienen mir Präparate, denen Fig. 5 entspricht, hinreichend beweisend. Auf die Bedeutung dieser Präparate wird später nochmals zu verweisen sein.

Der im Vorhergehenden erwähnte Parallelismus der sogen. Hornhautlamellen ist übrigens, wie bekannt, kein vollständiger. In der ganzen Dicke der Hornhaut sieht man selbst von einander entferntere Schichten durch zumeist schräg ansteigende Bündel in Verbindung gesetzt. Häufiger ist dies der Fall in den vorderen Partien der Hornhaut, und besonders in den Schichten unmittelbar unter dem äusseren Epithele ist die Spaltung und Durchflechtung der Bündel eine so ausgesprochene, dass jeder Anschein einer lamellösen Structur verschwindet. Das dichte Flechtwerk zarter Bündelchen (von etwa 0,01 Mm. Breite) bedingt das festere Gefüge dieser Lagen, welche selbst nach anhaltender Maceration in Kochsalzlösung nicht auseinander weichen. Jedoch kommt es hier nicht zur Bildung einer eigentlichen Elastica anterior, die in Analogie zu bringen mit der so scharf charakterisirten *Descemet*'schen Membran an der inneren Fläche der Hornhaut.

Während man Letztere fast allgemein für structurlos erklärt, hat neuerdings *Tamamscheff* an mit Jodkaliumjodlösung behandelten Schnitten getrockneter Hornhäute nicht nur eine Zusammensetzung aus einzelnen Lamellen, welche auch *Henle*

erwähnt, sondern sogar einen Zerfall in feinste Fibrillen wahrgenommen.[1])

Eine deutliche fibrilläre Streifung der Membran sieht man auch nach längerer Einwirkung von 10 proc. Kochsalzlösung, welche eine leichte und vollständige Ablösung ermöglicht, jedoch gelingt es nicht Fibrillen wirklich zu isoliren, was mir auch das Verfahren von *Tamamscheff* nicht zu leisten scheint.

Spricht schon der Nachweis einer fibrillären Zusammensetzung gegen die Annahme einer structurlosen Membran, so ist dies noch mehr der Fall bei Beobachtungen, welche darthuen, dass der Aufbau der Descemetiana entschieden ein sehr complicirter. Obgleich meine Untersuchungen in dieser Beziehung sich nur in Anfängen bewegen, so gebe ich doch die Beschreibung gewisser durch Kochsalzlösung gewonnener Präparate, schon um die Aufmerksamkeit auf diese Verhältnisse zu lenken. Man kann an einer glatt abgelösten Haut drei Schichten unterscheiden, von denen jede ein eigenthümliches, bisher unbekanntes mikroskopisches Bild liefert. Nach Entfernung des Augenkammerepithels bemerkt man zuerst (unmittelbar unter demselben) in der glänzenden Substanzschichte eine Abgrenzung unregelmässiger Felder, hervorgerufen durch hellere oder dunklere Linien (je nach Einstellung des Mikroskopes), welche von weiteren, in ihren Knotenpuncten gelegenen, scheinbaren Poren ausgehen. Die Abbildung Fig. 7 erspart mir eine detaillirtere Beschreibung. Die Felder sind klein, zumeist vierseitig oder auch dreieckig, jedenfalls mit den Epithelzellen in keine Verbindung zu bringen. Die abgrenzenden Linien sind zumeist nicht auf grössere Strecken gleichmässig wahrzunehmen, sie verschwinden stellenweise, um an anderen Puncten wieder aufzutauchen, ja es bleiben bisweilen nur die scheinbaren Poren übrig, bis auch diese undeutlich werden.[2]) In den mittleren Schichten der Membran stossen wir auf ein anderes, recht verwickeltes Bild (Fig. 8 u. 9), welches mit dem vorhergehenden theilweise zur Deckung gebracht werden kann. Wiederum eine Abgrenzung bestimmter Felder, welche jedoch

---

1) Centralblatt f. d. medic. Wissenschaft. 1869. No. 23.

2) *Tamamscheff* sagt am Schlusse seiner kurzen Mittheilung, er sei mit der Untersuchung der Frage beschäftigt, ob die Membrana Demoursii Poren »ductuli« besitze.

dieses Mal bewirkt wird durch Bündel feinster Fibrillen, die den Knotenpuncten resp. Poren entsprechend wie zusammengeschnürt erscheinen. Untersucht man mit Immersionslinsen, so macht es an bestimmten Stellen den Eindruck, als ob ein Fibrillenbündel durch eine enge Oeffnung gesteckt, sich büschelförmig ausbreite um in die allgemeine Fibrillenfaserung der ganzen Membran überzugehen. Fig. 9. Uebrigens ist auch in diesem Falle das Verhalten kein gleichmässig verbreitetes, sondern zeigt sich mannichfach unterbrochen und verschwindet stellenweise wieder ganz. Die dritte Schicht der *Descemet*'schen Membran schliesslich ist diejenige, welche der fibrillären Hornhautsubstanz unmittelbar anliegt. Ihre Eigenthümlichkeiten giebt Fig. 7 in genügender Weise wieder.

Die gegebene Beschreibung dürfte in allen ihren Einzelheiten vielleicht nur für den Ochsen gelten, bei dem ich auch in der frischen Haut die Bildungen der Fig. 7 wieder finden konnte. Bei anderen Thieren scheinen sich die Verhältnisse den Formen, aber wohl nicht der Bedeutung nach anders zu gestalten, doch will ich mich auf eine detaillirtere Schilderung nicht einlassen. Beim Kaninchen waren auch nach dem Kochen der *Descemet*'schen Membran in Alkohol + Salzsäure die Formationen der Fig. 10 deutlich ausgeprägt.

Der ganze Befund deutet offenbar auf eine Zusammensetzung der glasartigen Haut aus einzelnen kleineren Abtheilungen und erinnert sofort an die Angabe, dass die Membran der Ochsen »nach 30stündigem Kochen in eine Menge feinster etwas eingerollter, glasartig durchsichtiger Plättchen« zerfällt. (*Henle*, Eingeweidelehre.) Die Spaltlinien der Fig. 7 lassen sich zwar eine Strecke weit hinein in die Haut, aber nicht durch die ganze Dicke hindurch verfolgen. Was endlich die Fasereinlagerung (Fig. 8 u. 9) betrifft, so findet sich dieselbe, soweit als ich sehe, am schönsten entwickelt in der Nähe des Hornhautrandes und wird demnach mit der An- resp. Einfügung des Ligamentum pectinatum in Verbindung zu bringen sein. Dasselbe gilt ja nach *H. Müller* von den warzenartigen Erhebungen, die er am Rande menschlicher Hornhäute aufgefunden,[1] sodass wir auch in ihnen eine den beschriebenen Formeigenthümlichkeiten an die Seite zu setzende Bildung wiederfinden.

1) *Müller, H.*, Arch. für Ophthalmol. Bd. II.

Die bisher geschilderte Spaltbarkeit der Hornhautgrundsubstanz ist selbstverständlich eine künstliche, da sie nur nach Entfernung des einen Gewebsbestandtheiles zur Geltung kommen kann. Neben ihr besteht aber noch eine natürliche Spaltbildung, dadurch bedingt, dass die einzelnen lamellösen Schichten nicht in ihrer ganzen Ausdehnung an einander geheftet sind. Es bleiben vielmehr bei der Durchflechtung der Fibrillen Lücken bestehen, welche sich, wenngleich nur gröblich, mit den Lücken eines Strohgeflechtes vergleichen lassen. Diese Spalten sind geknüpft an das Vorhandensein zelliger Elemente inmitten der Grundsubstanz, welche in den bekannten Querschnittsbildern als eingelagerte spindelförmige Körperchen erscheinen. Die Zellen sind der fibrillären Substanz fest angeheftet und werden nur zur Auskleidung der Lücken verwendet, wesshalb es nicht gestattet, die Spalten in der Hornhaut den Knorpelhöhlen gleichzusetzen. Im Knorpel ist die Zelle die einzige Bedingung für die Höhle, in der Cornea dagegen mögen beide zwar in genetischem Zusammenhange stehen, aber in rein morphologischer Beziehung können wir uns das Vorhandensein der Lücken auch ohne die Zellen denken.

Der weiteren Darstellung wird es vorbehalten bleiben, grössere Klarheit über diesen Punct zu verbreiten, vorerst muss es sich darum handeln, die Mittel kennen zu lernen, durch welche das Spaltsystem an sich zur deutlichen Anschauung gebracht werden kann.

Um dies zu ermöglichen hat man bei Behandlung der Hornhaut vor allen solche Hülfsmittel auszuschliessen, welche eine Quellung der Grundsubstanz hervorrufen, desgleichen solche, welche eine stärkere Schrumpfung bewirken. Man muss daher viele der gebräuchlichen Erhärtungsmethoden vermeiden und dürfte mit Vortheil etwa folgendes Verfahren einschlagen. Ausgeschnittene Hornhäute grösserer Thiere werden mit verdünntem Alkohol (absolutem Alkohol mit gleichen Theilen Wasser) behandelt, nachdem sie auf kurze Zeit in eine Lösung von *Argent nitric.* eingetaucht worden, letzteres in der Absicht um durch die vom Silber bewirkte Coagulation der äusseren Schichten die Haut gegen eine gleichmässige Verdichtung widerstandsfähiger zu machen und Faltungen auszuschliessen. Die Anwendung des dünnen Alkohols genügt übrigens auch allein, besonders wenn die Augen im Ganzen eingelegt werden, we-

nigstens lassen genügende Hornhautquerschnitte auch nach dieser Behandlung die Eigenthümlichkeit hervortreten, dass die Lamellen an circumscripten Stellen von einander weichend ein mehr oder weniger ausgeprägtes Lückensystem begrenzen, das namentlich in den mittleren Schichten der Querschnitte oft in grösserer Ausdehnung sichtbar wird. Fig. 4. Da aber das angewendete Verfahren jedenfalls keine tiefgreifenden Veränderungen bedingt, indem es frei von gewaltsamen Eingriffen, da wir brauchbare mikroskopische Präparate gewinnen können, ohne nennenswerthen Druck und Zug auszuüben, so bleiben für die Vermuthung, dass wir es hier mit beliebigen künstlichen Spalten und Rissen zu thuen haben, keine Anhaltepuncte. Anderweitige Gründe machen sich direct gegen eine derartige Annahme geltend.

Zunächst die Form der Spalten, welche als eine bestimmte und regelmässige zu bezeichnen, wenngleich Verschiedenheiten vorhanden, je nach der Schnittführung und nach dem Grade der Erweiterung. Die wenig geöffneten Spalten sind langgestreckt, nimmt der Querdurchmesser zu, dann verkürzt sich der Längsdurchmesser, sodass wir neben spindelförmigen Räumen ovale und fast runde Formen bekommen. Die Gestalt der Lücken ist abhängig von dem Quellungszustande der Hornhautlamellen. Querschnitte einer in der oben angegebenen Weise vorbereiteten Haut mit ganz dünner Essigsäure betupft, werden allmählig breiter und lassen alsdann keine geöffnete Spalten erkennen, gelingt es jedoch die Säure möglichst schnell wieder auszuwaschen, so sind in den schmaler gewordenen Schnitten die Lücken wieder aufgethan. Besser gelingt diese Zurückführung in den früheren Zustand, wenn man etwas Gerbsäure zu Hülfe nimmt.

Der erwähnte Umstand, dass Längs- und Querdurchmesser der Spalten an einander gebunden sind, beweist ihr peripherisches Abgeschlossensein, weil andernfalls die Erweiterung mit einer Vergrösserung Hand in Hand gehen würde. Gerade desshalb ist unsere Fig. 5 von besonderer Wichtigkeit, weil sie unmittelbar erkennen lässt, wie die Abgrenzung bewirkt wird durch die sich verflechtenden Fibrillenzüge. Für die hierauf gestützte Behauptung, dass die Spalten präformirte Bildungen seien, spricht ferner die Möglichkeit einer reinlichen Anfüllung derselben durch Injection, aus deren Ergebnissen wir überdies

die Ueberzeugung gewinnen, dass wir es nicht mit isolirten Lücken zu thuen haben, wie es den Querschnittsbildern nach erscheint, sondern dass es sich um ein zusammenhängendes Spaltsystem handelt, welches die ganze Hornhaut nach Länge und auch nach Dicke durchzieht. — *Henle*, welcher bekanntlich das Vorhandensein spaltförmiger Hohlräume in der Cornea schon früher behauptet und neuerdings wieder eingehender behandelt hat,[1]) glaubt, dass kein Grund für die Annahme eines derartigen Zusammenhanges der Spalten vorhanden sei, indessen wüsste ich wirklich nicht, was sich mit Erfolg einwenden liesse gegen die Beweiskraft der Injectionsversuche, deren Besprechung wir uns jetzt zuwenden wollen.

Einstichinjectionen der Hornhaut sind bereits früher von *Bowmann* ausgeführt, von neuem durch *v. Recklinghausen* aufgenommen[2]) und später durch *Leber*[3]) und *C. F. Müller*[4]) wiederholt und erweitert worden. Günstige Resultate wurden nur theilweise erzielt und zwar desshalb, weil bei Anwendung der gewöhnlichen Injectionsmassen die Flüssigkeit sofort in das weiche Gewebe der frischen Hornhaut eindrang und sich zwischen den Fibrillen verbreitete, während die körnigen Massen zurückgehalten klumpig zusammengeballt wurden. Brauchbar erwiesen sich daher neben Quecksilber eigentlich nur ölige Massen, letztere namentlich wenn sie gefärbt. *Müller* verband mit der Injection der Cornea die Behandlung mit Chlorgold und die Färbung mit Haematoxylin.

Von einer Wiederholung derartiger Injectionsversuche waren von vornherein wesentlich neue Resultate nicht zu erwarten. Selbst bei voller Anerkennung ihrer Beweiskraft musste es daher wünschenswerth erscheinen andere Wege einzuschlagen, um womöglich mit besseren Erfolgen als bisher auch körnige Injectionsmassen zur Verwendung zu bringen. In diesem Bestreben wurde ich dahin geführt Hornhäute zu benutzen, welche eine Zeit lang in dünnem Alkohol verweilt hatten, was um so näher lag, als ich wusste, dass in ihnen die Spalten er-

---

1) Eingeweidelehre S. 601.

2) *v. Recklinghausen*, Die Lymphgefässe und ihre Beziehung zum Bindegewebe. Berlin 1862.

3) Monatsblatt für Augenheilkunde. 1866, S. 17.

4) *Virchow's* Archiv. Bd. 41, S. 110.

öffnet oder wenigstens in erweiterungsfähigem Zustande vorgefunden werden. Ausserdem hatte ja *C. Ludwig* bereits andere Organe für die Injection der Lymphbahnen durch Alkoholbehandlung vorbereitet. Will man Präparate von wünschenswerther Vollendung erzielen, so dürfen die eingespritzten feinvertheilten Niederschläge nicht grobkörnig und zu dicht sein, dürfen auch nicht in zu hohem Grade die Neigung besitzen, zusammenzuballen, weil sonst die feinen Gänge allzuleicht verlegt werden. Unter allen Umständen ist es empfehlenswerth, die Ausfällung des Niederschlages jedesmal unmittelbar vor der Benutzung vorzunehmen.[1]) Brauchbare Injectionsmassen müssen bei langsam erhärteten (aber nicht geschrumpften) Hornhäuten selbst bei ganz geringem Druck von der Einstichstelle aus eine Strecke weit vordringen, ohne Verdickung der Haut, also ohne Extravasatbildung. Hierauf ist besonders zu achten. Die Schnelligkeit der Verbreitung ist ein sicheres Zeichen, dass die Massen in die rechten Bahnen eingetreten; eine Steigerung des Druckes gewährt zumeist keinen wesentlichen Vortheil. Für die Schönheit der Präparate ist ein gewisser Grad der Füllung der Spalträume unerlässlich. Stauen sich die injicirten Massen zu stark an, so droht eine Zerreissung; ist die Füllung zu gering, so tritt die Begrenzung nicht scharf genug hervor. Aus diesen Gründen findet man die besten Bilder immer nur in einer beschränkteren Region um die Einstichstelle herum. Die unvollständig injicirten Partien lassen sich dafür in anderer Beziehung nützlich verwenden, z. B. wenn es gilt durch nachfolgende Imbibition die Lagerungsverhältnisse der Kerne anschaulich zu machen, kurz es liegt die Möglichkeit vor verschiedenartige Präparate aus derselben Cornea mit einander zu vergleichen.

Von den Fällen einer gelungenen Spaltinjection sind mit

---

1) Ich empfehle folgende Injectionsmassen: 1 Theil lösliches Berlinerblau (nach *Brücke's* Vorschrift) in trockener Substanz gelöst in 100 Theilen Wasser, vermischt mit gleichen Mengen einer 2 proc. Kochsalzlösung. — Einen Niederschlag von Ferrocyankupfer bereite ich mir, indem ich einer 1 proc. Lösung von Ferrocyankalium hinzufüge gleiche Theile einer gleichfalls 1 proc. Lösung von schwefelsaurem Kupferoxydammoniak. Es ist für die Form des Niederschlages durchaus nicht gleichgültig, aus welchen Verbindungen er hergestellt wird. Als Lösungsmittel für die Salze empfehlen sich auch kaltflüssige Leimmassen.

Leichtigkeit diejenigen abzutrennen, bei denen die Massen in die Grundsubstanz selbst, zwischen die Fibrillenbündel eingedrungen, wie es an der Einstichstelle fast ausnahmslos in grösserem oder geringerem Grade geschieht. Hier finden sich stets gestreckte spiessartige Figuren, bald breiter bald schmaler, parallel neben einander verlaufend, aber in wechselnden Schichten verschiedentlich gekreuzt, gerade wie die Fibrillenzüge selbst zwischen denen die Massen liegen. Vergl. Fig. 12. Taf. II. Um wieviel anders dagegen Fig. 13, nach einem Flächenschnitt derselben Hornhaut des Hundes! Bei den mannichfachsten Versuchen kehren dieselben Bilder mit grosser Gleichmässigkeit wieder. Immer erhalten wir Netze, ohne vollkommene Regelmässigkeit der Maschenbildung, parallel der Hornhautoberfläche schichtenweis (*a*, *b*, *c*) angeordnet, aber auch in der Tiefe durch vereinzelte Ausläufer mit einander verbunden (*d*). Man constatirt letzteres noch sicherer an Querschnitten injicirter Hornhäute, die übrigens unserer Fig. 4 vollständig entsprechen, bloss dass die Spalten gleichmässiger geöffnet und gefüllt sind. Die anastomosirenden Kanäle sind ausgebuchtet, abwechselnd enger und weiter, deutlich aus einzelnen Abtheilungen zusammengesetzt. Wie die äusseren Schichten der Hornhautsubstanz weniger regelmässig geordnete Lamellen erkennen lassen, so bilden auch die injicirten Spalten-Netze hier weniger parallele Lager und bestehen aus schärfer gesonderten drei- oder vierstrahligen Abtheilungen, während in der Tiefe, besonders nach dem Scleralrande zu häufiger weitere Räume angetroffen werden, durch deren Eingeschobensein das Bild ein etwas abweichendes wird. Schliesslich dürfte noch zu erwähnen sein, dass die Injectionsmasse mitunter auch in isolirt verlaufende langgestreckte Kanäle eindringt (Fig. 13*e*), welche als zur Aufnahme der Hornhautnerven bestimmt angesehen werden müssen. Von einem Einstichkanale aus kann man unter günstigen Umständen die halbe Hornhaut anfüllen, nur dass an der Grenze des Injectionsterrains die Masse allmählig an Dichte abnimmt. Spritzt man verschieden gefärbte Massen von zwei Puncten aus ein, so begegnen und vermischen sich dieselben in den vorgeschriebenen Bahnen der Hornhautspalten.

Beschreibung und Abbildungen beziehen sich zunächst, wie angegeben, auf die Hornhaut des Hundes, aber ganz ebenso verhalten sich die injicirten Spalträume bei der Katze und beim

Kaninchen. Schon des Vergleiches halber, inwieweit meine Resultate mit den früherer Beobachter übereinstimmen, betrachte man das Bild, welches der Abhandlung von *C. Fr. Müller* beigegeben ist,[1]) und von mir, wenn auch nur zum kleineren Theil, in Fig. 15 copirt worden. Dasselbe ist entnommen einer injicirten frischen Cornea des Kaninchens und gleicht fast vollständig meiner Fig. 14. Die Uebereinstimmung bezieht sich nicht allein auf die Vertheilung der Injectionsmasse im Allgemeinen, sondern auch auf das Verhalten der Kerne zu den Spalträumen, wie es durch nachträgliche Färbung zur Anschauung gebracht werden kann. *Müller* färbte mit Haematoxylin, ich liess einer Einspritzung von Ferrocyankupfer eine Imbibition mit Carmin folgen, nachdem ich den zu injicirenden Niederschlag so feinvertheilt genommen, dass er nur einen zarten Beleg der Wandungen bildete und nicht im Stande war, die Kerne zu verdecken. Ueberall liegen letztere der einen Wand an, einzeln oder zu zweien in jeder ausgesprochenen Abtheilung des Kanalsystemes. Hält man sich bei Betrachtung von Flächenschnitten an die schichtenweisen Lagen der injicirten Räume, so finden sich sämmtliche Kerne an der oberen oder an der unteren Wand. Nie aber bemerkt man etwas von einer den Kern umgebenden Zellsubstanz. Hiervon wird noch ausführlicher gehandelt werden, wenn von den Hornhautzellen selbst die Rede sein wird, wesshalb es genügen möge, an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass auch ein Theil der *His*'schen Abbildungen von der menschlichen Cornea herangezogen werden kann zum Vergleiche mit dem geschilderten Befunde beim Hunde und Kaninchen, obgleich, um dies nicht unerwähnt zu lassen, *His* seinen Bildern eine andere Deutung giebt.[2])

Scheinbar abweichend von den bis jetzt angegebenen gestalten sich die Verhältnisse der Injection der Hornhäute einiger Thiere, z. B. der Wiederkäuer, da den Angaben zu Folge bei ihnen die eingetriebenen Massen sich fortbewegen in nicht mit einander zusammenhängenden, langgestreckten röhrenförmigen Gebilden, den eigentlichen Corneal-Tubes von *Bowmann*. Bei diesen Bildungen muss man unbedingt die Möglichkeit zugeben,

---

1) l. c. Taf. I, Fig. 1.

2) *His, W.*, Beiträge zur normalen und pathologischen Histologie der Cornea. 1856. Vergl. Taf. VI, Fig. 4 u. 6.

dass es sich um übermässig ausgedehnte interfibrilläre Zwischenräume handelt in Analogie mit Fig. 12, wenigstens bedarf die Gleichstellung der netzförmigen Hornhautspalten und der Corneal-Tubes eines besonderen Nachweises. — Ich habe die Ueberzeugung einer Berechtigung hierzu nicht gewinnen können, muss vielmehr in Gemeinschaft mit *C. Fr. Müller* [1]) behaupten, dass bei den betreffenden Thieren gleichfalls Netze injicirt werden können. Der genannte Forscher will allerdings neben den Netzspalten auch die Tubes gelten lassen, indem er zwei Formen unterscheidet, solche die durch Erweiterung der Zelllücken und solche die durch Ausdehnung der interfibrillären Räume entstehen. Ich will die Gründe nicht ausführlich erörtern, welche gegen eine solche Combination sprechen. Für mich ist die Hauptsache die, dass sich zwischen Tubes und Hornhautzellen keine analogen Beziehungen feststellen lassen, wie sie ersichtlicherweise zwischen letzteren und den netzartig verbundenen Spalten vorhanden sind.

Dass bei Flächenbetrachtung frischer Hornhäute von diesen Spalten zumeist nichts wahrzunehmen kann nicht auffällig erscheinen. Eher noch wird man etwas wahrzunehmen im Stande sein, wenn eine Verdichtung der interfibrillären Kittsubstanz stattgefunden hat. Werden beim Herausschneiden der Cornea die normalen Spannungsverhältnisse aufgehoben, wird die Haut dadurch zum Zusammenfallen gebracht, dann müssen sich auch die Wände der Spalten falten, entsprechend den Abtheilungen der begrenzenden fibrillären Massen. Daraus aber, dass die Richtung der Fibrillenzüge in den anliegenden Schichten eine gekreuzte ist, folgt weiterhin, dass die Form der etwa wahrnehmbaren Lücken eine zackige sein muss. Diese Gestalt der Spalten als die natürliche anzusehen würde nur dann gerecht-

---

1) l. c. p. 138.

v. Recklinghausen zählt auch das Kaninchen unter den Thieren auf, in deren Hornhaut die injicirten Massen in weiten geraden Röhren sich fortbewegen (Die Lymphgefässe etc. p. 42), und doch ist es gerade bei diesen Thieren leicht die schönsten Netze anzufüllen. Die ungünstigeren Resultate bei Ochsen, Kalbern, Schafen u. s. w. hängen ab von der auch anderweitig nachweisbaren grösseren Spaltbarkeit der fibrillären Substanz, der zu Folge die Masse viel leichter in die falschen, als in die richtigen Bahnen eintritt.

fertigt sein, wenn sie bei normalem Füllungszustande sichtbar gemacht werden könnte.

Bei den bisherigen Erörterungen wurde auf die zelligen Elemente der Hornhaut fast gar keine Rücksicht genommen und doch ist gerade dieser Punct von besonderer Wichtigkeit. Dass ihre Erforschung mit Schwierigkeit verbunden, erklärt die auch hieran geknüpften Controversen.

Unschwer sind unter den verschiedenartigsten Verhältnissen in der Grundsubstanz der Hornhaut scheinbar nackte Kerne wahrzunehmen, welche, wie bereits erwähnt, in bestimmter Beziehung zu den injicirbaren Spalten stehen. Allerdings kann man schon an den gewöhnlichen Querschnittsbildern constatiren, dass die Kerne nicht einfach zwischen den Lamellen liegen, sondern schmalen spindelförmigen Körperchen eingelagert sind, indessen sind doch besondere Präparationsmethoden nöthig, um zu zeigen, dass die Kerne platten Zellen angehören, welche der Grundsubstanz aufgeheftet mit einer Fläche frei in die vorgebildeten Lücken hineinschauen.

Bezüglich dieser Zellplatten soll vorerst verwiesen werden auf eine Arbeit von *Hoyer*, welche schätzbares Material enthält.[1] Bei einer bestimmten Anwendung der Höllensteinlösung traf *Hoyer* bei jungen Hunden und Katzen im braungefärbten Gewebe scharf begrenzte, helle, unregelmässig gestaltete grössere Flecke, welche durch feine schwarze Linien in polygonale Felder mit je einem grossen ovalen Kern getheilt wurden. Die hellen Flecken entsprechen in seinen Augen einem Lager platter Zellen, welche in Analogie zu bringen mit den sogen. Endothelzellen. Nach ihm fand *C. Fr. Müller* dieselben Bilder wieder bei verschiedenen Thieren und in allen Schichten der Cornea, fühlte sich jedoch nicht veranlasst, die schwarzen Linien als Zellgrenzen gelten zu lassen. Ohne auf seine Bedenken näher einzugehen führe ich nur an, dass für mich keine genügende Veranlassung vorzuliegen scheint, die Silberlinien hier anders zu deuten, als an den übrigen Oertlichkeiten ihres Vorkommens, obgleich ich zugebe, dass den betreffenden Präparaten keine derartige Beweiskraft zugeschrieben werden kann, dass anderweitige Controlbeobachtungen für unnöthig zu halten. Von der hierher

---

1) *Hoyer*, Archiv für Anatomie u. Physiologie. 1865. S. 204.

gehörigen Fig. 16 auf Taf. II wird noch an einer anderen Stelle die Rede sein.

Im Allgemeinen hat sich ja zur Zeit die Anschauung immer mehr Bahn gebrochen, dass aneinander gereihte platte Zellen im Bindegewebe eine mehr oder weniger ausschliessliche Rolle spielen, aber bei jeder einzelnen Form des Gewebes müssen wir an erster Stelle die Forderung aufstellen, die Zellen selbst isolirt zur Untersuchung zu bringen, damit die neue Lehre auf sicheren Grundlagen aufgebaut werde. — In der Hornhaut gelingt die Isolation kernhaltiger Zellplatten nicht allzuschwer, wenn man erst die passende Methode aufgefunden hat. Ich ermögliche sie durch Anwendung der eingangs dieses Abschnittes erwähnten Einstichinjectionen in das frische Gewebe, zu denen man je nach Wunsch Jodserum, Zuckerwasser oder verdünnten Alkohol verwenden kann. An (womöglich gefärbten) Querschnitten derartig aufgeschwollener Häute bemerkt man vielfach die Ablösung kernhaltiger Streifen in den Spalten (Fig. 5); können alsdann durch vorsichtige Bewegungen die Streifen flottgemacht und durch leisen Druck auf das Deckgläschen zum Umlegen gebracht werden, so ergeben sich äusserst zarte, gebogene oder gefaltete Platten mit Kern (Fig. 6), deren Identität mit den spindelförmigen Hornhautkörperchen der Querschnitte und deren Beziehung zu den Spalten durch die unmittelbarste Beobachtung vollkommen sicher gestellt werden.

Die Substanz der Platten ist glashell, ohne Einlagerung von Körnchen, und, wie die mitunter stark in den Vordergrund tretenden Faltungen beweisen, von mehr elastischer Beschaffenheit. Die Kerne sind oval, bisweilen stark in die Länge gezogen oder unregelmässig eingebuchtet. Auch zwei alsdann meist kleinere, dichter an einander liegende Kerne können einer Zelle angehören. Das fast immer scharf markirte Kernkörperchen ist einfach oder doppelt vorhanden. Wie man sieht, kehren in den isolirten Zellplatten alle diejenigen Eigenthümlichkeiten der Kerne wieder, welche man als bemerkenswerth für die sogenannten Hornhautkörperchen angegeben hat, welche aber gleichzeitig charakteristisch sind für diejenigen zum Bindegewebe gehörigen Zellen, welche man unter der Bezeichnung »Endothelien« zusammengefasst hat. Diese Eigenthümlichkeiten schützen auch hinlänglich vor der Verwechselung mit anderen

platten Zellen, die bei der Untersuchung der Cornea in Frage kommen könnten.

Etwas Genaues über die normale Gestalt der Zellplatten anzugeben ist bei diesen Versuchen nicht möglich, weil dieselbe bei der Isolation leicht leiden kann und bei der elastischen Beschaffenheit der Substanz sogar leiden muss. Allerdings dürfte die beschriebene Isolationsmethode, bei der es sich im Wesentlichen nur um eine mechanische Lostrennung der Zellen handelt, immer noch denjenigen vorzuziehen sein, welche auf einer Quellung und Lösung der Grundsubstanz beruhen, wie die Isolation mit concentrirten Säuren (*His*) oder dünner Kalilösung (*Hoyer*), abgesehen davon, dass bei ersterer noch andere Verhältnisse in Betracht zu ziehen sind. Selbstverständlich wird durch eine vollständige Freilegung der Zellen die natürliche Aneinanderlagerung allzuleicht aufgehoben; nur äusserst selten glückt es auch hier den Zusammenhang zu erhalten, Fig. 6 *b*. Da ferner die Platten wegen ihrer grossen Zartheit bei Flächenbetrachtung der unveränderten Cornea nicht wahrzunehmen sind, so müssen wir uns schon an gewisse Silberbilder halten (Fig. 16 u. 19), dürfen aber vor allen anderen die injicirten Präparate nicht ausser Acht lassen (Fig. 14 u. 15), weil die Form der Spalten abhängig ist von der Form der Zellen. Beachtet man das früher Angeführte, so kommt man zu folgenden Schlüssen. Wo die Zellplatten mehr zusammenhängende Lager bilden, stossen sie mit breiten Rändern aneinander, welche sich bei der Silberbehandlung als schwarze Linien bemerkbar machen. Die Gestalt derselben ist alsdann eine unregelmässig polygonale. Wo hingegen die Zellen mehr einzeln liegen sind sie durch drei bis fünf, zumeist jedoch durch vier schmalere Brücken mit einander verbunden, sodass sie als multipolar bezeichnet werden könnten.

Meinen Untersuchungen über die Beschaffenheit der Zellen wurden zu Grunde gelegt die Hornhäute von Hunden, Katzen, Kaninchen, Kälbern und Fröschen, ohne dass ich bezüglich der platten Zellen einen wesentlichen Unterschied aufzufinden im Stande gewesen wäre. Ich kann demnach nicht die Hornhautzellen gewisser Thiere identificiren mit den gewöhnlich so genannten vielstrahligen Hornhautkörperchen, wie dies von *Hoyer* geschieht. Beide, Zellplatten und vielstrahlige Körperchen, bestehen neben einander, aber nicht so, dass beide gesondert

vorhanden sind, sondern überall sind Platten und strahlige Massen um dieselben Kerne gruppirt und es kommt nur auf die näheren Umstände an, unter denen die Untersuchung vorgenommen wird, ob man die durchsichtig glasartige Platte (Fig. 6, *a* u. *b*) oder die glänzend oder granulös erscheinenden strahligen Körperchen (Fig. 20) oder beide zugleich (Fig. 6, *c*) sichtbar machen kann. Letzteres gelang mir durch Kochen der Hornhaut in Alkohol mit Salzsäure nach der *Ludwig*'schen Vorschrift.

Die vielstrahligen Hornhautkörperchen sind bekanntlich verschiedenartigen Veränderungen unterworfen, wie dies ausführlicher besprochen werden wird. Von dem Aneinandergeknüpftsein einer constanten und einer variabelen Grösse könnte man folgende zwei Annahmen machen. 1. Das Protoplasma der Zellen hat sich nur zum Theil in eine elastische Platte umgewandelt, zum anderen Theil besteht es fort als eine weiche, veränderliche Substanz, wie es z. B. für die serösen Deckzellen von *Rindfleisch* und *Münch* behauptet worden.[1] 2. Es liegt keine Berechtigung vor die weiche veränderliche Masse als Protoplasma zu bezeichnen, vielmehr handelt es sich um eine amorphe Eiweisssubstanz (Kittsubstanz), welche besonders unter den Zellplatten abgelagert, beim Wechsel der Beschaffenheit ihrer eigenen Masse und beim Wechsel in den Quellungszuständen der fibrillären Substanz Verschiedenheiten in Aussehen und Vertheilung darbietet. Ich muss mich für letzteres entscheiden. Zu Gunsten der ersten Annahme spricht keine hinlänglich sicher gestellte Analogie, während für die zweite eine Reihe von beachtenswerthen Gründen geltend gemacht werden können. Von ihnen handelt der nächstfolgende Abschnitt ausführlicher.

Soviel über die Zellen des Hornhautgewebes. — Obgleich ihr Verhältniss zu den Spalten durch das Angeführte hinlänglich klar gestellt sein sollte, will ich doch noch einmal darauf hinweisen, dass die Platten nicht die Lücken im Ganzen auskleiden, dass durch ihre Aneinanderlagerung keine Röhren entstehen, wie etwa bei den Capillaren, sondern dass sie stets nur eine einseitige Bekleidung bilden. Man darf auch das obwaltende Verhältniss nicht dadurch zu bezeichnen versuchen,

1) *Rindfleisch*, Lehrbuch der pathol. Gewebelehre. Leipzig 1867. S. 202.

dass man sagt, »in den Spalten der Hornhautgrundsubstanz liegen platte Zellen«, weil damit nicht ausgedrückt, dass die eine Fläche der Zelle immer frei, die andere immer der fibrillären Substanz aufgeheftet ist. Ich mache in dieser Beziehung noch auf folgende Beobachtung aufmerksam. Vergewissert man sich von der Lage der Zellen an Querschnitten von Hornhäuten, deren Spalten geöffnet, so findet man die Zellen fast ausnahmslos nach ein und derselben Seite gerichtet, und zwar, wie ich wenigstens für die mittleren Partien mit Bestimmtheit behaupten kann, nach derjenigen Seite, welche der *Descemet*'schen Membran zugewendet ist (Fig. 4). Sicher ist die Regelmässigkeit der Lagerung mit der Annahme einer mehr zufälligen Spaltbildung nicht in Einklang zu bringen.

Ein richtiges Verständniss für dies bemerkenswerthe Verhalten wird uns, glaube ich, solange fehlen, bis uns die entwicklungsgeschichtlichen Vorgänge genauer bekannt geworden sind, bis für die Cornea im Besonderen festgestellt worden, in welcher Beziehung die Grundsubstanz zu den Bildungszellen steht, und welche Veränderungen letztere beim Entstehen der ersteren erleiden. Unter Berücksichtigung der bisherigen Angaben über embryonale Hornhäute und unter Hinblick auf das, was *Rollet* über die Entwicklung des Netzes gezeigt hat,[1]) habe ich mir vorläufig folgende Vorstellung gebildet. Die von vornherein schichtweis angeordneten verzweigten embryonalen Zellen der Hornhaut scheiden einseitig eine Substanz zwischen sich ab, in der durch nachträgliche Veränderung die Fibrillen entstehen. Da, wo die ausgeschiedenen Massen sich zwischen den Ausläufern der Zellen berühren, werden sie mit einander verschmelzen. Die Zellen selbst, durch Zunahme der Abscheidung auseinander gedrängt, werden nur mit den von ihnen direct gebildeten Schichten in Verbindung bleiben, während ihre andere Fläche in Folge einer Verdichtung der Substanz zur Verklebung ungeeignet wird und dadurch zur Entstehung der Spalten Veranlassung giebt.

Eine wichtige Frage bleibt noch zur Beantwortung übrig. Wohin öffnet sich das Spaltsystem der Hornhaut? Steht es mit dem Lymphgefässsysteme im Zusammenhang oder nicht? — Wie wenig ich auch diesen Zusammenhang zu bezweifeln

---

1) *Rollet, Stricker's* Handbuch d. Gewebelehre. 1. Lief. 1868. S. 61.

geneigt bin, so muss ich doch eingestehen, dass mir der directe Nachweis bis jetzt noch nicht gelungen ist. In die Lymphgefässe der Conjunctiva sah ich die injicirten Massen nicht abfliessen. Es ist leicht dieselben in allen Schichten bis an die Sclerotica heranzutreiben; sie gelangt in die Nähe von Kanälen, welche nach den Untersuchungen von *Schwalbe* dem Lymphsysteme angehören,[1]) aber in sie hinein dringt sie nicht. Vielleicht werden fortgesetzte Injectionsversuche mit anderen Massen, als bisher verwendet, bessere Resultate ergeben. Anwendung von Silberlösung macht es auch nur wahrscheinlich, dass das Spaltsystem der Hornhaut in Gänge der Sclerotica übergehen, welche mit kleineren Zellen ausgekleidet sind. Die vorhandenen Angaben über Lymphgefässe am Hornhautrande dürften zu unbestimmt sein, um weitere Verwendung finden zu können.

Noch bliebe ein Ausweg für den Inhalt der Hornhautspalten übrig in den Kanälen, welche die Nerven beherbergen, da diese nach den bestimmten Behauptungen von *v. Recklinghausen* und *W. Kühne* mit den »Saftkanälchen« in offener Communication stehen sollen. Wie berechtigt auch diese Behauptung erscheinen mag, wenn man seinen Beobachtungen die anscheinend ganz klaren Silberbilder zu Grunde legt, so muss ich ihnen doch die ebenso bestimmte Beobachtung entgegenhalten, dass an injicirten Präparaten sich Nervenkanäle und Spalten ohne Zusammenhang erweisen, wenigstens im Inneren der Hornhaut, und dass demnach die Nervenscheiden schwerlich als ausführende Lymphbahnen angesehen werden dürfen.

Während die Nervenstämmchen in besonderen Kanälen verlaufen, liegen die einzelnen Fasern nach der weiteren Vertheilung in den interfibrillären Räumen, also ausserhalb des injicirbaren Spaltsystemes; sie liegen eben da, wo auch die strahligen Körperchen sich vorfinden, normaler Weise also umgeben von der interfibrillären Kittsubstanz, welche bei ihren Veränderungen den Anschein hervorrufen kann, als ob die frei auslaufenden Nervenfäserchen unmittelbar in die strahligen Hornhautkörperchen übergingen, wenigstens glaube ich so die Angaben *W. Kühne's*[2]) über die Beziehung der Nerven zu den

1) *Schwalbe, G.*, Arch. für mikroskop. Anatomie. Bd. 6, S. 1.
2) *Kühne, W.*, Untersuchungen über das Protoplasma. Leipzig 1864.

vielstrahligen Hornhautkörperchen deuten zu dürfen, ohne die Genauigkeit derselben direct zu bezweifeln. Es liegt ausserhalb des Planes dieser Arbeit hierauf sowohl, wie auf das Verhalten der Nerven im Hornhautgewebe näher einzugehen. Vorläufig erlaube ich mir nur noch mitzutheilen, dass in den Plexus der Nervenfibrillen Ganglien oder ganglienartige Gebilde vorkommen, theils in den Knotenpuncten, theils den Verlauf eines einzelnen Stämmchens unterbrechend, am ehesten zu vergleichen den Ganglienknoten in dem Nervenplexus des Darmes. Einzelne, isolirbare gewöhnliche Ganglienzellen lassen sich allerdings in der Hornhaut nicht deutlich erkennen, indessen wüsste ich nicht, wie man Bildungen, von den Fig. 11 ein Beispiel giebt, in Kürze anders bezeichnen soll, als dass man sagt, in dem Knotenpunct des Nervenplexus ist ein ganglienartiges Gebilde eingelagert.

Ueber die wandernden Zellen in der Hornhaut, insbesondere über die Bahnen, in denen sie sich fortbewegen, machten sich bisher zwei Annahmen geltend, die jedoch schliesslich auf dasselbe hinauslaufen. Einmal liess man die Lymphkörperchen wandern in einem Kanalsysteme mit engen und weiten Stellen, ausgefüllt mit den weichen vielstrahligen Zellen (*v. Recklinghausen*), das andere Mal sollten sie sich ihren Weg zwischen den Fibrillen hindurch suchen müssen (*Engelmann*). Da aber ein an das Vorkommen der strahligen Körperchen geknüpftes eigenwandiges Kanalsystem nicht existirt, da die strahligen Körperchen in den interfibrillären Zwischenräumen liegen, so kann ein wirklicher Unterschied zwischen den zwei Annahmen nicht gefunden werden. Beiden gegenüber verweise ich auf das Vorhandensein eines glattwandigen, verhältnissmässig weiten, durch keine Zelleinlagerung verengten Spalt- oder Kanalsystems, in dem selbstverständlich die Bedingungen für die eigenartigen Bewegungen der zarten Gebilde sich bei weitem günstiger gestalten.

Ein weiteres Vorgehen in dieser Richtung würde mich auf das Gebiet der pathologischen Histologie hinüberführen. Ich beabsichtige nicht, dasselbe zu betreten, da die Lehre von der Entzündung der Hornhaut anderweitig zum Austrag gebracht werden wird, sondern will nur bemerken, dass die von mir mitgetheilten Beobachtungen in einer ganz bestimmten Richtung einen Einfluss ausüben müssen. Der Behauptung *Cohnheim's*,

dass es sich bei der Entzündung der Hornhaut an erster Stelle einzig um eine Einwanderung von Eiter- resp. Lymphkörperchen handelt, stehen alle diejenigen entgegen, welche die auftretenden kleinzelligen Elemente aus einer Theilung der Hornhautzellen selbst hervorgehen lassen. Für sie ist in allen Fällen der Nachweis unerlässlich, dass die zu beobachtenden Veränderungen auch wirklich im Innern der Zellplatten vor sich gehen; denn es ist in die Augen fallend, wie man bisher alles, was man in den Hornhautspalten vorgefunden, in das Innere der Zellen selbst verlegt hat, während doch das, was den Zellen wirklich angehört und was ihnen nur anliegt, wohl zu trennen ist.[1])

Unter dieser Voraussetzung lassen sich, wie bereits erwähnt, die Angaben von *His* und anderen Beobachtern zum Theil ohne weiteres verwerthen. Es schwindet der Widerspruch in dem meine Beobachtungen mit den Erfahrungen der Pathologen zu stehen schienen.

Schliesslich will ich es nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, dass durch das Vorgetragene die Beziehungen des Hornhautgewebes zu dem Bindegewebe im Allgemeinen nur um so innigere werden. Man vergleiche nur die neuesten Untersuchungen von *Ranvier*, dessen Angaben über das Vorkom-

---

1) Im Anschlusse hieran möchte ich noch einer Beobachtung gedenken, aus der *Kölliker* besondere Schlüsse ziehen zu können glaubt. Es heisst S. 657 der 5. Aufl. seines Handbuches: »Eine 4% Lösung von phosphorsaurem Natron bewirkt nach *v. Recklinghausen* ein Zurückziehen der Ausläufer der Hornhautzellen. Macerirt man nun eine solche Hornhaut in Schwefelsäure, so isolirt sich dasselbe Netzwerk, wie in einer frischen Hornhaut, aber in den breiten Knotenpuncten liegt das scharfumschriebene Hornhautkörperchen, während die übrigen Theile des Netzes blass erscheinen.« »Was liegt näher, frägt *K.*, als hier an ähnliche Verhältnisse zu denken, wie bei den Knorpel- und Knochenkapseln, bei denen der Inhalt oder Protoblast auch von der umschliessenden Wand sich zurückziehen kann.« Näher liegt, erwiedere ich jetzt, die Erklärung, dass durch die Maceration die Zellplatten isolirt wurden und mit ihnen die anliegenden rundlichen Körperchen, da deren Substanz in der Säure auch unlöslich. Es ist demnach ganz derselbe Fall, wie in unserer Fig. 6, *c*, nur dass hier die mit der Zellplatte gleichzeitig zur Beobachtung kommende Masse eine strahlige Form besitzt, während in dem *Kölliker*'schen Falle die Ausläufer unter dem Einflusse des phosphors. Natron verschwunden. Gerade durch ihn wird bewiesen, dass die Gestalt der strahligen Körperchen unabhängig ist von der Gestalt der eigentlichen Hornhautzellen.

men reihenweis geordneter, platter kernhaltiger Zellen in den Sehnen sich der Hauptsache nach leicht bestätigen lassen.[1]) Die Befunde in den Sehnen sind allerdings nicht beweisend für die Hornhäute, aber es ist wichtig zu wissen, dass das Verhalten beider Gewebe in den wesentlichen Puncten einander gleichkommt.

III.

Ich habe es bisher unterlassen von den sogen. *v. Recklinghausen*'schen Saftkanälchen der Hornhaut zu reden, um Alles, was auf sie Bezug hat, im Zusammenhange vorbringen zu können. Man wird aus dem Nachfolgenden leicht ersehen, dass die Behandlung dieser Lehre mit grossen Schwierigkeiten verknüpft ist, weil natürliche und künstliche Bildungen, wahre und falsche Behauptungen oft dicht neben einander herlaufen: und man dürfte es desshalb wohl begreiflich finden, wenn ich ein wenig gründlich zu Werke gehe, selbst auf die Gefahr hin, dass manchem Leser dieser oder jener Beweis überflüssig erscheint — Eine endliche Verständigung ist doch dringend zu wünschen.

Die mikroskopischen Bilder, welche bei Application der Lösungen von *Argent. nitric.* auf Hornhäute entstehen, sind zu bekannt, als dass sie besonders beschrieben zu werden brauchten. Ich behandle zuerst ausschliesslich die »negativen« Silberbilder (*Leber*) Fig. 16, 17, 18, und werfe sogleich die Frage auf: Inwieweit passt die früher von mir gegebene und in der Einleitung zu dieser Arbeit wiederholte Erklärung der Silberbilder auf die Hornhaut? Obwohl es nämlich auf der einen Seite feststeht, dass auch hier Saftkanalbilder entstehen können zwischen dem Epithele und der Grundhaut der *Descemet*'schen Membran und dass es trotzdem Niemandem einfallen wird, dieser Haut ein Saftkanalsystem anzudichten, so ist es auf der anderen Seite ebenso unzweifelhaft, dass dieselben, oder, vorsichtiger ausgedrückt, ähnliche Bilder auch in den verschiedenen Schichten des eigent-

1) *Ranvier*, Archives de Physiologie normale et pathologique. Tome II. p. 471.

lichen Hornhautgewebes wiederkehren. Sind also hier die Bedingungen des Entstehens die gleichen, wie zwischen Epithel und Grundhaut oder nicht?

Um auf diese Frage Antwort geben zu können, müssen wir vor allen Dingen die Veränderungen genauer kennen lernen, welche speciell im Gewebe der Hornhaut bei der Silberbehandlung vor sich gehen. Die bisherigen Angaben hierüber lauteten einfach folgendermaassen: Das am Licht braun werdende Silber wird einzig und allein in der Grundsubstanz abgesetzt; wo also innerhalb derselben Höhlungen vorhanden sind, werden weisse Lücken sichtbar werden, die uns die natürliche Form der Höhlen genau wiedergeben. Diese einfache und desshalb einleuchtende Erklärung findet scheinbar volle Bestätigung durch die Beobachtungen, welche in neuerer Zeit *Leber* »über einige anderweitige Imprägnationsmethoden der Hornhäute« bekannt gemacht hat.[1] Durch wechselweise Behandlung der Häute mit Metallsalzen, welche zusammen verschieden gefärbte Niederschläge geben, vermochte *Leber* mikroskopische Präparate zu erzeugen, welche denen nach Silberbehandlung vollkommen gleichen. Besonders schön treten die gewünschten Bilder hervor bei Anwendung von schwefels. Eisenoxydul und Ferridcyankalium, sowie von schwefels. Kupferoxydammoniak und Ferrocyankalium; andere Metallverbindungen erwiesen sich weniger brauchbar und noch andere ergaben nur diffuse Färbungen der Hornhautsubstanz.[2]

Mit den angegebenen Hülfsmitteln kann man in der That sehr schöne Saftkanälchen erzeugen, ohne dass die Lösungen der verwendbaren Substanzen eine Coagulation von Eiweissstoffen bewirken. Es müsste demnach meine Erklärung von der Entstehung der Silberbilder hier vollständig hinfällig erscheinen, wenn nicht leicht nachgewiesen werden könnte, dass es sich bei den *Leber*'schen Präparationen doch nicht um einfache Niederschläge handelt. Sämmtliche Substanzen, welche in ihrer Vereinigung zur Darstellung der Bilder brauchbar, haben eine wichtige Eigenthümlichkeit gemeinsam. Es bilden sich an den Puncten, wo die Lösungen mit einander in Berüh-

1) Arch. für Ophthalmol. Bd. XIV, S. 300.

2) In Bezug auf die Einzelheiten der Methoden vergleiche man die Abhandlung *Leber's* direct.

rung treten, Membranen von grösserer oder geringerer Festigkeit, Membranen, welche den durch Silber erzeugten Eiweisshäutchen nicht nachstehen, welche erst ungefärbt oder gleichmässig gefärbt, weiterhin durch körnigen Niederschlag verdickt werden.

M. Traube, welcher diese Erscheinungen eingehender schildert, nennt solche Stoffe Membranbilder und erforschte die Bedingungen für das Entstehen der Niederschlagsmembranen je nach Wahl der Stoffe, Concentration der Lösungen etc.[1] Von den zahlreichen Beispielen, welche *Traube* beibringt, können einzelne direct auf unseren speciellen Fall übertragen werden: auch *Leber* hat gefunden, dass es bei seinen Imprägnationsmethoden auf analoge Umstände ankommt, z. B. auf die Auswahl der Substanzen, welche zusammen einen Niederschlag von Berlinerblau geben und besonders auf die Concentration der Lösungen in ihrem gegenseitigen Verhältniss. Ich habe nach verschiedenen Richtungen hin die Versuche wiederholt und mit der Darstellung der Niederschlagsmembranen eine mikroskopische Betrachtung derselben verbunden. Von den vielen Einzelfällen, welche die mannichfache Gestaltung der Häutchen erläutern können, sei nur der eine angeführt, weil er zeigt, wie in einer frei auf dem Objectglas gebildeten Membran grössere und kleinere, zum Theil sternförmige Lücken entstehen, welche von einem harmlosen Beobachter ganz gut als »Saftkanälchen« angesprochen werden könnten. Blutlaugensalz in 5proc. Lösung wird in dünner Schicht auf einem Objectglas ausgebreitet und vorsichtig in Berührung gebracht mit essigs. Kupferoxyd von 1proc., indem man diese Lösung aus einer ausgezogenen Glasröhre langsam ausströmen lässt, um heftigere Bewegungen zu vermeiden. Das Häutchen muss äusserst fein und nur leicht gefärbt sein, ohne körnigen Niederschlag. Alsdann ist es fest genug, um es sogar abzuspühlen und mit einem Deckglase zu bedecken.

Ich bin weit davon entfernt, durch das vorgeführte Beispiel die Frage nach dem Lückensysteme in den *v. Recklinghausen-Leber*'schen Silber-, Eisen- und Kupferbildern als einfach gelöst anzusehen, da unmöglich die freien Niederschlagsmembranen den Bildungen im Innern der Hornhaut gleich

1) *Traube, M.*, Arch. für Anat. u. Physiol. 1867. S. 87.

gesetzt werden können, trotzdem es leicht ersichtlich, dass die Bedingungen für das Entstehen von Niederschlagsmembranen in der Hornhaut besonders günstig sind, weil die auf einander wirkenden Substanzen stets in ungestörte flächenhafte Berührung kommen. Mir kam es bei dieser Besprechung nur darauf an, zu zeigen, dass es sich in den *Leber*'schen Versuchen nicht um einfache Absetzung eines feinkörnigen Niederschlages handelt, sondern dass eine eigenthümliche Gruppirung der Moleküle zur Geltung kommt, die wir als Verdichtung oder Coagulation bezeichnen.

Hierfür noch folgende Beobachtungen. Nach Erzeugung blauer Saftkanalbilder kann man mit Hülfe dünner Säuren die *Descemet*'sche Membran vollkommen glatt ablösen und wird auch dann an ihr sternförmige farblose Lücken wahrnehmen. Bei der Versilberung treten gleiche Figuren bisweilen deutlich unter dem *Descemet*'schen Epithele hervor, während für gewöhnlich in der dünneren subepithelialen Schicht durch die Silberlösung feinere dendritische Figuren oder mehr regelmässige Sterne hervorgerufen werden, wenn man das Epithel zuvörderst mit Pinsel ablöste. Lässt man nun Hornhäute vom Frosche in einer alkalischen Lösung von schwefels. Kupferoxydammoniak liegen, so fliesst die Kittschicht unter dem Epithele mitunter zu einzelnen grösseren oder kleineren Tropfen zusammen. Dieselben verändern sich beim Aufbringen der zweiten Salzlösung (Ferrocyankalium oder Schwefelammonium) derart, dass in den grösseren von ihnen strahlige Vacuolen in schönster Ausbildung sichtbar werden, von denen aus alle möglichen Uebergänge zu einfachen Lücken in kleineren Tropfen vorhanden sind. Die Beobachtungen beweisen 1stens, dass in einer amorphen Substanz durch Verdichtung sternförmige Hohlräume entstehen können, und 2tens dass sich in dieser Hinsicht die metallischen Membranbildner zu einander ebenso verhalten, wie Silber zu Eiweiss.[1])

1) Dies zur besonderen Berücksichtigung für Herrn Dr. *Gerlach* in Greifswald, welcher im Centralbl. für d. med. Wissensch. 1869. Nr. 44 die Angaben von *Hüter* über Synovialmembranen aufrecht halten zu können meint, weil es ihm gelungen mit essigs. Bleioxyd u. Schwefelwasserstoffwasser dieselben mikroskop. Bilder zu erhalten wie mit Silber. Genannte Blei- u. Schwefelverbindung sind in dünnen Losungen exquisite Membranbildner.

Ich habe im Vorhergehenden mehrfach von der Verbindung von Silber und Eiweiss als Bedingung für die Saftkanalbilder auch in der Hornhaut geredet. Wie aber, wenn die von *His* ausgesprochene[1]) und von *Leber* wieder aufgenommene Ansicht begründet, dass es sich in der Cornea gar nicht um Silberalbuminate, sondern um Niederschläge von Chlorsilber handelt? Chlor und Silber geben zusammen keine Niederschlagsmembranen.

Bezüglich der Beweisführung von *His* erscheint es zuvörderst nach den neueren Untersuchungen unzweifelhaft, dass von ihm der Eiweissgehalt des Corneagewebes unterschätzt wurde, da ihm das Myosin unbekannt. Derselbe ist nichts weniger als gering. Wenn *His* Gründe für seine Behauptung ferner hernimmt aus dem Verhalten der Niederschläge in der Hornhaut gegen verschiedene Reagentien, so ist ihnen gegenüber ganz im Allgemeinen geltend zu machen, dass die Silberverbindung innerhalb des Hornhautgewebes nicht ohne Weiteres mit freien Niederschlägen verglichen werden dürfe, weil die Coagulationshäutchen interessanterweise andere Reactionen geben, als die entsprechenden einfachen Niederschläge. So wird den Angaben nach Silberalbumin durch Essigsäure, Kochsalz und Salzsäure gelöst. Das gilt jedoch nur für den frisch bereiteten Niederschlag; lässt man denselben eine Zeit lang (auch im Dunkeln) stehen, so hört die Löslichkeit auf. Gleicherweise sind auch die feinen, durch Silberlösung in Eiweiss erzeugten Coagulationsmembranen in Essigsäure u. s. w. unlöslich. Die körnigen Trübungen, welche den Membranen in wechselndem Grade anhaften, verschwinden, das Häutchen selbst bleibt erhalten, bräunt sich aber nicht mehr am Lichte. Es kommt also auch hier wie in anderen Fällen beim Eiweiss wesentlich auf die molekulare Form des Niederschlages an, wesshalb die Löslichkeitsverhältnisse nicht ohne Weiteres zur Beurtheilung der Natur der Silberniederschläge in der Hornhaut verwendet werden dürfen, wie dies *His* gethan.

Auch das Verhalten des salpeters. Quecksilberoxyd bei versilberten Hornhäuten kann, wie wir noch sehen werden, anders erklärt werden, als es von *His* geschehen. Es spricht nicht unbedingt gegen die Eiweissnatur des Hornhaut-Silber-

---

1) *His*, Schweiz. Zeitschr. für Heilkunde. 2. Bd., S. 1.

niederschlages, zumal da dieselbe von anderer Seite her vollkommen sicher gestellt werden kann. Wir berücksichtigen die Färbung des Niederschlages, sein Verhalten gegen unterschwefligs. Natron gegen chroms. Salze und vor allen gegen Kochsalz. — In ersterer Beziehung ist die braune Farbe charakteristisch, welche das Silberalbumin (auch in der Hornhaut) unter der Einwirkung des Lichtes annimmt, während Chlorsilber und selbst die Doppel-Verbindung Chlor-Albumin-Silber unter denselben Verhältnissen sich stets grau oder schwarz färbt. Weiterhin wird reducirtes Chlorsilber bekanntlich von unterschwefligs. Natron nicht verändert, reducirtes Silberalbumin dagegen wird durch dieselbe Substanz vollständig entfärbt, ohne dass eine Lösung eintritt, geradeso wie in der Hornhaut nach Versilberung und Lichtwirkung durch unterschwefligs. Natron nicht die ganze Zeichnung, sondern nur die Farbe des Silberbildes schwindet. Chroms. Salze zersetzen Chlorsilber nicht, wohl aber Silberalbumin und gleichzeitig den Niederschlag in der Hornhaut nach der Silberwirkung. In Kochsalz löst sich Chlorsilber nur schwer, Silberalbumin leicht. Die Lösung des ersteren verändert sich am Lichte nicht, die des letzteren bräunt sich. Bringt man versilberte Hornhaut alsogleich in stärkere Kochsalzlösung und setzt sie unter dem Deckgläschen dem Lichte aus, so bräunt sich die Substanz diffus, besonders die Kerne, sodass man auf diesem Wege eine Kernimbibition erzielen kann. Wird Kochsalz in geringeren Quantitäten dem Silberalbumin zugesetzt, so wird dasselbe zwar nicht gelöst, aber in einer Weise zerlegt, die unser volles Interesse beansprucht. Man wäscht den in Eiweisslösungen erzeugten Silberniederschlag rein aus, setzt die etwa 10fache Menge einer 1proc. Kochsalzlösung hinzu und erhält eine Verbindung des Chlors mit Silber, welche sich am Lichte schwärzt, während ein Eiweisskörper, frei von Silber, in Lösung übergeht und als solcher durch die bekannten Mittel nachgewiesen werden kann. Während Silberalbumin in destillirtem Wasser ausser der Farbenveränderung keine Umsetzung erleidet, wird es durch Kochsalz in der angegebenen Weise gespalten; in dünner Salzsäure quillt es, wird unter Umständen fast gallertartig und bildet schliesslich eine feinvertheilte mit Chlorsilberkörnchen vermischte durch Filtriren nicht mehr abscheidbare Substanz.

Das Freiwerden der Eiweisssubstanz und das Aufquellen und Erweichtwerden des Silberniederschlages ist für uns desshalb von besonderer Wichtigkeit, weil dieselbe Zerlegung eintritt, wenn man versilberte Hornhäute mit dünner Kochsalzlösung oder Salzsäure behandelt, wenn man aus den sogen. negativen Silberbildern die positiven erzeugt, bei denen ein am Lichte sich schwärzender feinkörniger Niederschlag in sternförmigen Figuren der Grundsubstanz eingelagert erscheint. (Siehe hierüber noch später.)

Unter der Annahme, dass der Hornhautniederschlag Chlorsilber, kann man, wie aus den Angaben von *His* selbst folgt, die Umwandlung der negativen in die positiven Silberbilder nicht erklären.

Wo liegen nun im Hornhautgewebe die am Lichte gebräunten Silberalbuminate? — Besteht zwischen dem zellführenden Kanalsysteme im Sinne *v. Recklinghausen's* und der fibrillären Grundsubstanz ein unmittelbares Abhängigkeitsverhältniss?

Dass in dieser Beziehung nicht Alles so selbstverständlich, kann daraus ersehen werden, dass schon *Leber* neben der älteren Erklärung eine anderweitige Möglichkeit zulässt. Er sagt l. c. p. 315: »Wenn nämlich die Hornhaut aus übereinander liegenden Schichten feiner Fasern besteht, zwischen denen die Netze der Hornhautkörperchen liegen, so kann, wenn die Körperchen durch das Reagens geschrumpft sind, die Begrenzung der Lücken durch die Kittsubstanz gebildet werden, welche die Lamellen unter einander verbindet, aber natürlicher Weise in der Ausdehnung der Lücken fehlt.« Grundsubstanz und gefärbte Substanz hätten also direct nichts mit einander zu thun. Leider sind jedoch in der Cornea keine gesonderten, nur durch Kittsubstanz vereinigte Lamellen vorhanden, und ausserdem belehren uns Querschnitte versilberter Häute, dass wirklich die Grundsubstanz *in toto* gefärbt wird, dass es also mit anderen Worten die gesammten interfibrillären Eiweissmassen sind, welche mit dem Silbersalz in Verbindung treten. Will man das Silber tiefer in das Gewebe eindringen lassen, so ist es bei dickeren Häuten (Hund) nöthig stärkere Lösungen von etwa 1 proc. anzuwenden. Legt man die Cornea nach der Versilberung noch kurze Zeit in Alkohol, dann ermöglicht ihre Consistenz selbst feine und scharfe Querschnitte. An ihnen bemerkt man im braunen Grunde auch helle Stellen, welche jedoch nicht

zwischen den Lamellen sondern in ihnen selbst liegen und dieselben der ganzen Dicke nach durchsetzen. Es handelt sich nicht um wirkliche Lücken, denn die fibrillären Schichten ziehen gleichmässig durch sie hindurch und die parallele Streifung der Lamellen ist in nichts an die braungefärbte Substanz gebunden. Letztere fehlt also einfach an circumscripten Stellen. Man könnte hierbei an Faltungen der Lamellen denken, oder wahrscheinlicher an ein Ausweichen der zwischen den Fibrillen verschiebbaren Eiweissmassen bei der durch das Silber bewirkten Verdichtung; mag man aber eine Erklärung belieben, welche man will, das eine ist unbestreitbar, dass farblose Stellen in der versilberten Hornhaut nicht ohne Weiteres das Recht beanspruchen können, für präformirte Lücken im Gewebe angesehen zu werden.

Uebrigens lehrt in dieser Beziehung eine aufmerksame Flächenbetrachtung der Silberbilder selbst schon Genügendes, besonders wenn man sich zur Prüfung Präparate auswählt, in denen bei Anwendung recht schwacher Lösungen (1 : 1000) ganz dünne Silberschichten gewonnen werden. Fig. 18, Taf. II ist genau copirt. Das braune Lager, die vermeintliche Grundsubstanz erscheint durchaus ungleichmässig, indem sie zahlreiche grössere und kleinere runde oder längliche Lücken enthält in mannichfachen Uebergängen zu den Spalten, welche als Ausläufer der grösseren Vacuolen auftreten. Wer will wohl in einem solchen Falle angeben, wo das Constante in der Bildung aufhört und wo das Zufällige anfängt? Und nun gar erst Fig. 17. Bei ihrem Anblicke muss sich doch jeder Unbefangene sagen, dass eine fibrilläre Grundsubstanz mit paralleler Faserrichtung so nicht geformt, dass demnach von einem vorgebildeten Kanalsysteme gleichfalls nicht Rede sein kann.

Lassen wir für jetzt die offenbaren Widersprüche, welche uns so eben entgegengetreten, und wenden uns anderen kritischen Betrachtungen zu. Man hat sich mehrfach der Annahme hingegeben, dass das Vorhandensein der vielstrahligen Hornhautkörperchen jeden Zweifler geradezu zwinge, die Silberbilder als Ausdruck einer naturgemässen Formung der Hornhautsubstanz anzusehen. — Wenn es nur jemals gelingen wollte die fraglichen Zellen im Innern der Silberlücken aufzufinden. Es ist nicht gelungen und wird nicht gelingen. Allen Ausflüchten gegenüber stelle ich diese Thatsache als unbestreit-

bar hin. Mit allen Hülfsmitteln, Essigsäure, Carmin, Haematoxylin, Goldchlorid, Jodtinctur u. s. w., kann man zumeist nur einen Kern sichtbar machen, höchstens noch die Spuren einer krümlichen Masse, deren Vorhandensein gewiss bedeutungslos ist. Denn dass die Vacuolen in den Silberschichten nicht leer sind, ist klar und ebenso klar, dass in dem Inhalt unter Umständen z. B. durch Jodtinctur (*Leber*) ein Niederschlag erzeugt werden kann, aber — ein krümlicher Niederschlag ist doch noch kein Zellkörper. Ein ausgebildetes strahliges Körperchen in einer Silberlücke zu demonstriren, das ist die Aufgabe.

Das Missverhältniss zwischen dem, was man erwarten sollte und dem, was man findet, ist auch mehrfach anerkannt, wenigstens hat man verschiedentlich nach einer allenfalls ausreichenden Erklärung gesucht. Ich will die zum Theil sogar sonderbaren Gründe für das Freibleiben der Hornhautkörperchen bei der Durchtränkung der ganzen Haut mit den Metallsalzen, nicht einzeln durchgehen, denn das Wunderbare liegt hierbei nicht sowohl darin, dass die Zellen sich von der Wirkung der Metalle frei halten, als vielmehr darin, dass sie auch für nachfolgende Bemühungen verschwunden sind. In den Silber-, Kupfer- und Eisenbildern sind die Zellen spurlos geworden, trotz der Verschiedenheit der Stoffe, welche zur Darstellung derselben verwendet. Es bleibt scheinbar nichts weiter übrig, als anzunehmen, dass die Silberlösungen (auch die stärksten) in diesem Falle nicht nur ihre coagulirende Kraft einbüssen, sondern sogar eine Lösung der fraglichen Zellsubstanz bewirken! Das soeben Besprochene ist von grosser Wichtigkeit für die Frage nach der Zellnatur der strahligen Hornhautkörperchen überhaupt. Ohne der weiteren Erörterung vorzugreifen, will ich desshalb hier nur noch den Satz aussprechen: Die Lücken in der versilberten Hornhaut erscheinen weiss, weil sie leer sind, d. h. weil sie keine Zellen einschliessen.

In welchen Beziehungen stehen die injicirbaren Hornhautspalten zu den Silberlücken? Da beider Formen sich nur auf das Gröblichste entsprechen (vergl. Fig. 14 u. 20), so suchte man ein Aushülfemittel in der »Dilatirbarkeit« der bei der Versilberung sichtbar werdenden Kanälchen, ohne dieselbe durch etwas Anderes, als durch die einfache Annahme zu beweisen. Ich kenne wenigstens keine andere Schlussfolgerung, von der man sich leiten liess als folgende: Die mit Injectionsmasse

gefüllten Räume entsprechen den durch Silberlösung hervorgerufenen, weil die letzteren mit sammt ihren feinen Ausläufern dilatirbar sind; denn dilatirbar müssen sie sein, weil die injicirten Präparate sonst mit den versilberten nicht in Uebereinstimmung gebracht werden können. Man bedenke doch nur die Complication der Erweiterungsvorgänge, wenn nach der Annahme *v. Recklinghausen's* aus den vielstrahligen Saftkanälchen die einfach röhrenförmigen Corneal-Tubes hervorgehen sollen. Bereits wurde zudem hervorgehoben, dass an Silberbildern der Zusammenhang zwischen Saftkanälchen und Nervenkanälen ebenso deutlich erscheint, als das Abgeschlossensein letzterer bei reinlichen Injectionspräparaten unzweifelhaft ist. Dieses spricht also direct gegen eine Identität der Silberlücken mit den injicirbaren Spalten.

Im Anschlusse hieran dürfte noch die Bemerkung gestattet sein, dass wir bei den Injectionen gleichfalls über den Verbleib der strahligen Körperchen im Unklaren gelassen werden. Färbeversuche nach der Injection lassen (siehe früher) wiederum nur Kerne hervortreten bei Oelinjectionen der frischen Hornhaut in gleicher Weise, wie bei körnigen Injectionen der erhärteten Hornhaut. Würden die vielstrahligen Körperchen die Kanäle ausfüllen, so müssten dieselben unbedingt zusammengeballt, oder wenigstens an die eine Wand angedrückt werden. Der Umstand, dass dies nicht der Fall, deutet darauf hin, dass die Voraussetzungen falsche.

Ueber die strahligen Hornhautkörperchen, von denen wir soeben einige bemerkenswerthe Eigenschaften kennen gelernt, habe ich meine Ansichten im Allgemeinen schon im vorhergehenden Abschnitte dieser Arbeit ausgesprochen. Als die zelligen Elemente der Hornhaut hatte ich klare kernhaltige Platten beschrieben, von mehr elastischer Beschaffenheit der Substanz (Fig. 6), welche zwar einzelne Fortsätze zur gegenseitigen Verbindung besitzen, aber nicht zu identificiren sind den exquisit strahligen Körperchen (Fig. 20), mit weichem, bewegungsfähigem Protoplasma (?), von welchen — ich möchte es, um Irrungen zu vermeiden, besonders betonen — im Nachfolgenden allein die Rede sein soll. Dabei wird es sich im Wesentlichen um die zwei Puncte handeln, ob die Sternform die naturgemässe Gestalt der Körperchen und ob die Substanz derselben die Eigenschaften des Protoplasma besitzt.

Es ist bekannt, dass in der vorsichtig ausgeschnittenen, ganz frischen Hornhaut die strahligen Körperchen seltener deutlich sichtbar sind, sondern sich erst allmählig von dem klaren, gleichmässigen Grunde abheben. Dies geschieht den Annahmen nach in Folge einer Gerinnung der Substanz, welche durch Erhöhung der Temperatur bis auf 40° C. (für Frösche) wesentlich beschleunigt werden kann.[1] Genannte Eigenschaften, verbunden mit der Löslichkeit in 10 proc. Kochsalzlösung, lässt uns dieselbe in Analogie bringen mit der isotropen Substanz der Muskeln, die von *Kühne* mit dem Namen des Myosins belegt worden ist. Erscheint diese Annahme gerechtfertigt, so kann weiterhin behauptet werden, dass die strahligen Körperchen in ihrer Gesammtmasse bloss aus Myosin bestehen. Dünne Säuren lösen bei anderen Zellen immer wenigstens einen Theil der Leibessubstanz; gerade aus diesen Löslichkeitsverhältnissen hat man mit Recht erschlossen, dass das Protoplasma aus verschiedenen Eiweissstoffen aufgebaut wird. Bei den strahligen Körperchen der Hornhaut tritt durch Säuren eine Gerinnung *in toto* ein, wenigstens lässt sich von einer partiellen Lösung nichts wahrnehmen.[2]

Hierzu kommt (vorsichtig ausgedrückt) die Wahrscheinlichkeit, dass die Substanz der strahligen Körperchen den interfibrillären Massen überhaupt gleichwerthig ist. Ich will auf die gleiche Löslichkeit in Kochsalz keinen besonderen Werth legen, will aber auf die leicht zu constatirenden Angaben einzelner Beobachter hinweisen, dass in der Hornhaut zwischen den gröberen Fibrillenbündeln längere oder kürzere schmale Räume vorhanden sind,[3] welche natürlich mit einer Zwischensubstanz ausgefüllt sein müssen. Gerinnt diese Ausfüllmasse, so zeigen sich im Gesichtsfelde schmale spindelförmige, spiessartige Gebilde, die wohl einem jeden Beobachter aufgefallen sind. Die Substanz derselben zeigt den bekannten matten Glanz und ist mitunter in einzelne reihenweis gestellte Tröpfchen gesondert. Liegen die Spindeln in sich kreuzenden Lagen dicht über einander, so können Formen entstehen, die den strahligen Horn-

1) *Kühne, W.*, Untersuchungen über das Protoplasma.

2) Vergl. *His*, Beiträge etc. S. 47: »Essigsäure ist sonach nicht im Stande Albumin aus dem eigentlichen Hornhautgewebe auszuziehen; ebensowenig thut dies verdünnte Salzsäure.«

3) *Engelmann* u. *Carl Friedr. Müller*. l. c.

hautkörperchen so ähnlich werden, dass *C. F. Müller* sich veranlasst fühlt (speciell für die Cornea der Vögel) ausdrücklich vor einer Verwechslung zu warnen. Das Unterscheidungsmerkmal liegt für ihn im Mangel eines Kernes, da jedoch die Kerne, um welche sich die strahligen Körperchen gruppiren, den Zellplatten eingelagert sind, so muss dieses Kriterium unbedingt an Bedeutung verlieren. Uebrigens sieht *Müller* die isolirt liegenden Spindeln nicht als etwas besonderes an, hält sie vielmehr, wie *W. Kühne*, für abgelöste Ausläufer der strahligen Körperchen, die nach einer Angabe des Letzteren geradezu in Gruppen getrennter (theilweise kernloser) Protoplasmaanhäufungen zerfallen können. Ein anderes Mal vertheilt sich die Substanz der Körperchen in den interfibrillären Spalträumen so, dass ihre Ausläufer unmittelbar ineinanderfliessen und ein die ganze Hornhaut durchziehendes Netzwerk bilden. Von einzelnen Zellen, Zellindividuen, kann dann ebenso wenig die Rede sein, sondern nur von einer in die unter sich zusammenhängenden interfibrillären Spalträume eingelagerten Substanz, welche keine eigenen Kerne und keinen nachweisbaren organischen Zusammenhang mit den wirklichen, von einander gesonderten, Hornhautzellen besitzt. Bei all' den Abweichungen von dem, was sonst vom Zellleibe bekannt ist, erscheint es geradezu geboten mit Zähigkeit an der Frage festzuhalten: Wer oder was berechtigt uns, die Substanz des strahligen Körperchen Protoplasma zu nennen?, vorausgesetzt, dass überhaupt ein Unterschied zwischen Protoplasma und amorpher Eiweissmasse zugegeben wird.

Ich bin der Ansicht, dass die Angaben *Kühne's* über Bewegungserscheinungen an den strahligen Hornhautkörperchen in dieser Beziehung nicht entscheidend sein können; denn abgesehen davon, dass sie von *Engelmann* direct bestritten worden, scheint mir eine Gleichstellung mit den »spontanen« Bewegungen der amöboïden Zellen nicht statthaft. Nach der Seite hin fällt also gleichfalls eine wichtige Analogie weg. Jedenfalls ist es äusserst schwierig, alle etwaigen passiven Formveränderungen auszuschliessen, bedingt durch Gerinnung, Quellung und Verlagerung der Lamellen nach dem Ausbreiten der gewölbten Hornhaut auf dem platten Objectglase. Müssen doch auch die allgemeinen Spannungsverhältnisse in der aus-

geschnittenen Cornea anders sein, als während der normalen Lage im lebenden Auge.

Deutlicher zu übersehen sind gewisse Veränderungen, welche einerseits die fibrilläre Substanz, anderseits die interfibrillären Massen treffen. Auf ihnen beruhen die Abweichungen in den Beobachtungsresultaten, jenachdem die eine oder die andere Präparationsmethode in Anwendung gezogen wurde. Um sich recht schöne Präparate von den fraglichen Hornhautkörperchen zu verschaffen, soll man nach *Kühne's* Angaben die ausgeschnittenen Häute vom Frosche in einem mit Wasserdampf gesättigten, auf 40° C. erwärmten Raume liegen lassen, bis sich das Epithel getrübt hat und in zusammenhängenden Lagen abgehoben werden kann. Hängt hierbei das Deutlichwerden der Körperchen und das ganze Aussehen der Substanz allein ab von einer Wärmegerinnung, so muss offenbar dasselbe eintreten, wenn man das ganze Auge in Jodserum bringt, das auf gleiche Temperatur erwärmt worden. Es treten jedoch alsdann nur die Kerne deutlich hervor, während die Umhüllungsmassen meist schwach angedeutet, sehr feinkörnig und ohne scharfe Begrenzung erscheinen. Steigert man die Temperatur um einige Grad, so finden sich in der Umgebung der Kerne viele rundliche Lücken, sodass dieselbe wie siebförmig durchbrochen erscheint. Ich möchte aus diesem Verhalten der strahligen Körperchen gegen die Wärme schliessen, dass die bekannte Gestaltung derselben nicht bloss von einer einfachen Gerinnung abhängt, sondern dass noch andere Umstände eine Rolle spielen, z. B. eine Imbibition mit Wasser, da wir übereinstimmenden Angaben gemäss nach dem Verweilen der Hornhäute in der feuchten Kammer die charakteristischsten Bilder erhalten.

Eine Veränderung erleiden die strahligen Körperchen durch die Wärme immerhin, aber eine Veränderung können wir unter gleichen Umständen auch an den interfibrillären Kittmassen nachweisen und zwar durch folgenden Versuch. Bringt man eine soeben ausgeschnittene Hornhaut in stärkere, selbst 4proc. Höllensteinlösung, die auf 40° C. erwärmt worden, so bilden sich Saftkanälchen nur in der alleroberflächlichsten Schicht der inneren Hornhautfläche, indem hier das Silber momentan wirken konnte. In der Tiefe hingegen, auch wenn man die Einwirkungsdauer verlängerte, trifft man auf gar keine am Lichte sich bräunende Massen, sondern nur auf ein mehr oder weniger

dichtes Lager feinster schwarzer Silberkörnchen, ein Zeichen dafür dass unter Einwirkung der gesteigerten Temperatur die Kittsubstanz eine Umsetzung erfahren hat.

Wir wenden uns jetzt zu den Beobachtungen über die Einwirkung verschiedener Reagentien auf die strahligen Körperchen, und können die zu wählenden Mittel leicht in zwei Gruppen bringen, in die der einfach härtenden und in die der quellend wirkenden. Nach Anwendung der ersteren gewahrt man von den strahligen Körperchen fast gar nichts, während die letzteren sie in voller Pracht hervortreten lassen. (Will man Hornhäute härten, so ist es natürlich wiederum zweckmässig, die Augen ganz zu lassen, weil so eine Erhaltung der normalen Lagerungsverhältnisse und eine Fixirung der Körperchen in bestimmten Zuständen am ehesten zu erwarten steht.)

Feine Flächenschnitte einer in Alkohol erhärteten Hornhaut lassen von eigentlich zelligen Elementen nichts erkennen; die Grundsubstanz, gleichmässig glänzend oder fibrillär gestreift, ist von blassen schwer wahrzunehmenden Kernen durchsetzt. Die Färbeversuche mit solchen Schnitten fallen zumeist ungünstig aus, weil der Farbstoff, diffus abgelagert, keinen Nutzen gewährt. Aber selbst, wenn es gelingt den Farbstoff zu concentriren, nimmt man doch in keinem Stadium der Durchtränkung und Aufhellung strahlige Körperchen wahr, wie sehr man dies auch erhoffen dürfte beim Vorhandensein eines von der interfibrillären Substanz verschiedenen Zellprotoplasma mit besonderer Quellungs- und Imbibitionsfähigkeit. Immer werden nur die Kerne deutlicher. Präparate nach der Methode von *Thiersch*,[1]) Schnitte aus Alkohol, behandelt mit einer schwachen alkoholischen Höllensteinlösung, ergaben, abgesehen von der Kernfärbung, gleichfalls negative Resultate.

Ebenso wie Alkohol wirken im Allgemeinen Gerbsäure, Chromsäure, die erwähnte Mischung von Chlorplatin und Chromsäure und endlich die Pikrinsäure, von der besonders gerühmt wird, dass sie auf frische Gewebe angewendet, selbst dicke Schichten schnell durchtränkt und das Zellprotoplasma ohne Schrumpfung fast momentan fest macht.[2])

---

1) *Thiersch*, Der Epithelialkrebs. Leipzig 1865.

2) Das Verhalten der Pikrinsäure gegen frische thierische Gewebe lernte ich durch Dr. *Ranvier* kennen. Derselbe hat darüber bereits berichtet in den Archives de la physiologie normale et pathologique. Tome I p. 318.

In allen derartigen Präparaten sind die mikroskopischen Bilder, weil ohne distincte Färbung, zumeist blass und wenig prägnant. Die Kerne liegen, von der Fläche gesehen, mitunter in einer Lücke der deutlich fibrillären Substanz,[1] in ihrer Umgebung mehr oder weniger ausgesprochen eine feinkörnige Masse, regellos dem Kerne anliegend oder von ihm getrennt, nur an einer Seite des Kernes bemerkbar oder denselben ringsumgebend. Die betreffenden Bilder sind im Allgemeinen denen vollkommen analog, welche *W. Kühne* aus einer mit Chromsäure von 0,1 proc. erhärteten Hornhaut vortrefflich wiedergegeben hat, namentlich auf der bei starker Vergrösserung gezeichneten Tafel VIII seiner bereits citirten Abhandlung über das Protoplasma. Je naturgetreuer die Zeichnung, um so mehr drängen sich aber bei genauer Betrachtung Zweifel, ob denn die zarte, körnige Masse in der Umgebung des Kernes wirklich »körnig geronnenes Protoplasma«. Die Körnchen in losen Gruppen neben einander liegend, ohne Verbindung zwischen sich, werden durch keine äussere Begrenzung zusammengehalten. Eine Membran kann man jetzt von einer Zelle nicht mehr verlangen, aber eine Grenzcontur muss dieselbe doch haben, oder soll dieselbe, obwohl es sich um eine coagulirte Zelle handelt, der Contur der fibrillären Substanz überall so innig anliegen, dass bei einer 2400fachen Vergrösserung keine Spur davon zu sehen ist? Ungezwungener ist es desshalb sicherlich, anzunehmen, dass in diesen Fällen eben nur ein leicht körniges Gerinsel in der Umgebung des Kernes abgelagert worden.

Den einfach härtenden Mitteln stehen also gegenüber alle diejenigen, welche eine Quellung bewirken, entweder eine Quellung der interfibrillären Massen, wie die ganz dünnen Chromsäure-Lösungen und die Lösungen von doppeltchroms. Kali, oder aber eine Quellung der Fibrillen selbst, wie der Holzessig, die Essigsäure, Salzsäure u. s. w. Unter letzteren ist wieder besonders die Essigsäure empfehlenswerth in Verbindung mit dem Goldchlorid nach der *Cohnheim*'schen Methode (Fig. 20), ohne oder mit nachfolgender Haematoxylinfärbung. Beachtenswerth sind ausserdem die Veränderungen, welche die Präparate aus Pikrinsäure erleiden, wenn man sie erst in Carminlösung einlegt und dann mit Essigsäure behandelt. Hiernach kann man

1) Vergl. die Abbildung in *Henle's* Eingeweidelehre, Fig. 453.

nämlich wieder strahlige Körperchen in schönster Ausbildung zur Wahrnehmung bringen und könnte glauben, die Säure habe die strahligen Körperchen einfach fixirt, wenn dem nicht die Betrachtung der Präparate vor der Färbung entgegen stände. Die starke Imbibitionsfähigkeit der Präparate mit Pikrinsäure zeigt schon an und für sich, dass festere Coagulate der Eiweisskörper nicht vorliegen, da Imbibition und Quellung immer Hand in Hand gehen; zudem kann man sich aber auch durch den directen Versuch überzeugen, dass beliebige durch Pikrinsäure erzeugte Eiweissniederschläge im Wasser wieder aufquellen, vor allen aber bei Gegenwart von Essigsäure so fein vertheilt werden, dass sie sich im Reagenzglase nur sehr schwer zu Boden setzen. Die Wirkung der Essigsäure auf die Fibrillen wird demnach kein Hinderniss erfahren in der vorangegangenen Wirkung der Pikrinsäure auf die strahligen Körperchen und die interfibrillären Massen, sie wird in gleicher Weise zur Geltung kommen können, als ob die Präparate frisch gewesen.

Bei allen diesen Präparationsmethoden darf man die Veränderung der fibrillären Substanz durch die Quellung nicht aus den Augen lassen. Durch die Quellung werden natürlich die interfibrillären Spalträume und mit ihnen die darin liegenden Körperchen zusammengepresst, wesshalb für diese Fälle wohl jeder zugeben kann, dass es sich um gewaltsame Formen handelt. Wir sind überhaupt in Ungewissheit darüber, ob den fraglichen Gebilden eine selbständige Form zukommt oder nicht. Wir kennen ihre normale Gestalt nicht, weil wir bei unseren Untersuchungen die Einflüsse der Imbibition, Quellung und Compression nicht auszuschliessen im Stande sind. Berücksichtigt man jedoch die verschiedenartigen Erfahrungen, welche über die strahligen Hornhautkörperchen vorliegen, im Zusammenhange, so ergiebt sich eine, wie ich glaube genügende Einsicht durch folgende Aufstellung: Eine bei normalen Verhältnissen unter den Zellplatten und zwischen den Fibrillen mehr gleichmässig vertheilte Eiweisssubstanz (Myosin) wird bei einer in der Grundsubstanz stattfindenden Quellung in abgegrenzte Bahnen gedrängt. Sie wird dorthin getrieben, wohin zunächst ein Ausweichen möglich ist, nach den Lymphspalten der Hornhaut, sie wird sich unter den Zellplatten um den Kern derselben anhäufen und von hier aus vordringen in die geräumigeren interfibrillären Spalten. Je stärker die Verdichtung der Kittsubstanz, je

ausgesprochener die Quellung der Fibrillen, um so mehr erscheinen die Strahlen der Körperchen ausgebildet. Ihre Länge, ihr unmittelbares Ineinanderübergehen, sowie das zumeist rechtwinklige Abtreten der Ausläufer, die deutlich in verschiedenen Ebenen liegen, — Alles findet eine Erklärung in der Formation der Grundsubstanz und ihrer sich kreuzenden Faserrichtung.

Die Behauptung, dass uns in der Hornhaut eine im Wesentlichen interfibrilläre Kittsubstanz in wechselnder Vertheilung entgegentritt und dass dadurch das Vorhandensein besonderer zelliger Elemente vorgetäuscht werden kann, erhält schliesslich eine sehr erfreuliche Stütze in den anscheinend so widerspruchsvollen Resultaten der Silbermethode. Um dies darthuen zu können ist es den früheren Angaben gegenüber freilich nothwendig, eine andere Erklärung der Silberbilder aufzustellen und zu begründen, wobei es noch besonders darauf ankommen wird, die Beziehungen klar zu legen, welche zwischen den sogen. positiven und negativen Bildern vorhanden sind, da dies sich unmittelbar an das soeben behandelte Thema von den strahligen Hornhautkörperchen anschliesst.

Grosser Werth wurde von jeher auf die gegenseitige Ergänzung der positiven und negativen Silberbilder gelegt. Was an den einen nicht wahrzunehmen, sollte an den anderen sich darbieten; beide mussten eben immer in einander geschoben gedacht werden, wenn ein Ganzes herauskommen sollte. Die Art und Weise, wie beide Bildungen ineinander übergehen ist bisher nicht richtig erkannt worden. Nach den sehr zahlreichen Versuchen, die ich mit der Versilberung angestellt habe, glaube ich ein hinreichendes Verständniss erzielt zu haben und glaube behaupten zu können, dass sich das Ergebniss dieser Versuche in vollkommene Uebereinstimmung bringen lässt mit den Gesammtresultaten meiner Untersuchungen über den Bau der Hornhaut durch den Nachweis, dass es ein und dieselbe Substanz ist, welche in ungleicher Verbindung mit dem Silber sowohl die negativen als die positiven Bilder liefert und dass die letzteren aus den ersteren sich bilden durch eine Umsetzung und Umlagerung der vom *Argent. nitric.* primär niedergeschlagenen Eiweissmassen.

Um möglichst unbefangen zu Werke zu gehen, will ich es nicht unterlassen auf das im vorhergehenden Abschnitte Ange-

führte hinzuweisen, wonach es wahrscheinlich, dass in der ausgeschnittenen Hornhaut durch das Zusammenfallen der Lymphspalten die Gestalt derselben bei Flächenansichten eine zackige werden kann. Sind diese zackigen Lücken nicht identisch mit den strahligen Vacuolen der Silberbilder? — Abgesehen von den vorhandenen Formverschiedenheiten würde eine solche Annahme von vornherein nur gerechtfertigt sein, wenn es sich bei den Metallbildern wirklich nur um eine Färbung der Grundsubstanz handelte. Dies ist jedoch entschieden nicht der Fall, da bei dem Entstehen charakteristischer Präparate stets die Verdichtung durch Coagulation oder Membranbildung eine wesentliche Rolle spielt. Die schönsten Saftkanalbilder, d. h. die ausgebildetsten Vacuolen mit verzweigten Ausläufern, treffen wir immer nur in den oberflächlichen Schichten der Hornhaut, also da, wo das Silbersalz plötzlich einwirken konnte, während in der Tiefe, wohin das Silber nur allmählig dringt, die Bilder weniger prägnant ausfallen. Dazu kommen noch folgende Thatsachen. In allen Fällen, in denen die strahligen Körperchen der Hornhaut deutlich sichtbar geworden sind (sei es nach dem Verweilen der Membran in der feuchten Kammer oder nach Anwendung starker Zerrung (*Engelmann*) oder schliesslich in Folge des Entzündungsreizes), gelingt es nicht gute Saftkanälchen zu erzeugen. Es bildet sich zwar noch braunes Silberalbumin, es sind in den Schichten desselben auch noch Kernlücken nachweisbar, aber sie sind eng und ohne Ausläufer. Dies rechtfertigt die bekannten Präparationsvorschriften, dass man die Gewebe möglichst frisch verwenden und vor Insulten bewahren soll, es beweist aber auch, dass für die echten Saftkanalbilder ein ganz bestimmter molekulärer Zustand der Eiweisskörper unerlässliche Bedingung ist. Die einfache Bildung von Silberalbumin genügt nicht.

Früher war gezeigt worden, dass es die interfibrillären Kittmassen sind, welche das am Lichte sich bräunende Silberalbumin bilden. Diese Massen haben wir zu trennen in den Theil, welcher zwischen den einzelnen Fibrillen eingelagert, diesen fester anhaftet, und in den zweiten, welcher in den weiteren Räumen zwischen den Fibrillenbündeln und unter den Zellplatten abgelagert eine grössere Verschiebbarkeit besitzt. Wirkt der Höllenstein auf letztere ein, so werden dieselben bei der eintretenden Coagulation sich verdichten und werden sich von

den Kernen der Zellplatten, die in sie eingetaucht sind, nach den Seiten hin zurückziehen. Die Vacuolen werden in Verbindung mit den sich anschliessenden feineren Spalten und kleineren Lücken die exquisiten Saftkanalbilder geben (Fig. 18), welche sich im Wesentlichen in nichts unterscheiden von den gleichen Bildern in subepithelialen Eiweissschichten. Mit dieser Auffassung verträgt sich vollkommen die Regelmässigkeit der Silberbilder, auf welche *v. Recklinghausen* einen so entscheidenden Werth legt.[1]) Die einzelnen Vacuolen geben uns den Ort an, wo in der Grundsubstanz die Zellplatten liegen, allein Zellen und Vacuolen decken einander nicht unbedingt, sie sind an einander gebunden, sind jedoch nicht gleich. Die Vacuolen der Silberbilder liegen ausserhalb des injicirbaren Spaltsystemes in der Hornhaut. Die Form der Vacuolen ist variabel; sie ist abhängig von der grösseren oder geringeren Verdichtung der Eiweisssubstanzen. Der Einfluss stärkerer Silberlösungen auf die Weite der Vacuolen ist mehrfach beobachtet und durch eine energischere Schrumpfung der Grundsubstanz erklärt worden, indess hat man dabei unter anderen übersehen, dass bei einer wirklichen Schrumpfung der fibrillären Substanz in der Richtung des Radius der Hornhaut die gekreuzte Lage der Faser nothwendigerweise zur Geltung kommen müsste. Zudem lässt es sich direct beweisen, dass die Vacuolenbilder vom Zustande der Fibrillen selbst unabhängig sind. Behandelt man versilberte Hornhäute nach der Reduction mit Schwefelsäure (nach der *His*'schen Vorschrift mit gleichen Theilen Wasser verdünnt), so werden bekanntlich die Fibrillen gelöst. Wir erhalten auch auf diese Weise isolirte Zellplatten und mit ihnen im innigsten Zusammenhange dünne Schichten brauner Silbersubstanz, welche vollkommen wohl erhaltene Vacuolen einschliessen.

Auch ohne dies können meiner Ansicht nach Figuren, wie sie uns auf Taf. II, 17 entgegentreten, nur durch die Annahme erklärt werden, dass hier von der fibrillären Substanz mehr unabhängige Eiweissmassen die Silberverbindung eingegangen sind, zu welcher Annahme sich bereits *C. Fr. Müller* gedrängt fühlte. Auf exquisite Bilder derart stossen wir besonders in den inneren Schichten der Hornhaut in der Nähe des Scleralrandes, da, wo die platten Zellen mehrfach in zusammenhängenderen

1) *Stricker's* Handbuch, S. 228.

Lagen auftreten. Man gewahrt desshalb gerade hier zwischen dem Gewirr von braunen Flecken deutlich die schwarzen Linien, welche die Grenzen der Zellen anzeigen. Klarer noch werden die Bilder, wenn die betreffenden Massen unter den Zellplatten weg nach der Seite hingedrängt worden. Dann färbt sich nur die Substanz zwischen den Fibrillen, dann erst bekommt man die annähernd richtige Umgrenzung der Zellplatten und der ihnen entsprechenden Lymphspalten, dann erst kann von einer Uebereinstimmung der versilberten und injicirten Präparate die Rede sein. Die einzigen allenfalls verwerthbaren negativen Silberbilder sind demnach solche, welche der Fig. 16 auf Taf. II entsprechen. Vollständig gelingt die gewünschte Entfernung allerdings wohl nie; immer bleiben grössere und kleinere Tröpfchen zurück, welche sich gern den schwarzen Linien oder den Rändern anheften. Wahrscheinlich sind die Quantitätsverhältnisse von vornherein verschiedene. Eine Rolle scheint fernerhin die Spannung der Lamellen zu spielen, denn ich erzielte die günstigsten Resultate, wenn ich frisch herausgeschnittene Hornhäute, z. B. vom Hunde, umkehrte (sodass die innere Fläche die gewölbte wurde) und dann die Silberlösung einwirken liess. Nützlich erwies sich ausserdem der Zusatz von Essigsäure zum Silber, möglicherweise desshalb, weil durch sie ein Theil der lockeren Silberverbindungen gleich im Entstehen gelöst werden.[1])

Zur Vervollständigung dieser Erörterungen müssen wir noch auf das Verhalten der strahligen Hornhautkörperchen gegen die Silberlösung einige Blicke werfen.

Unzweifelhaft liegen die sternförmigen Silbervacuolen an derselben Stelle, wo die strahligen Körperchen liegen, d. h. unter den Zellplatten. Durchmustert man mit Genauigkeit Hornhäute, die nicht allzutief versilbert und dann regelrecht imbibirt sind, so kann man sich davon überzeugen, dass einzig nackte Kerne sichtbar soweit als die Silberwirkung ging, während darüber hinaus die strahligen Körperchen sofort wieder auftreten.

---

1) Der Zusatz von Essigs. zur Silberlösung ist auch für die Fälle sehr empfehlenswerth, in denen es sich um einfache Darstellung der Epithelzeichnung handelt. Die Präparate werden sehr klar und reinlich, die Kerne deutlich sichtbar. (1 proc. Essigs. mit $^1/_2$ proc. Höllenstein.) Die Gegenwart des Silbers hindert die quellende Wirkung der Essigs. auf die Bindegewebs-Fibrillen nicht.

Ein Gleiches lehren uns die erwähnten Isolationsversuche mit Schwefelsäure. Hält man versilberte und nicht versilberte Schichten scharf auseinander, so wird man die Behauptung bestätigt finden, dass Silbervacuolen und strahlige Körperchen sich gegenseitig ersetzen. Sollte nicht schon hierdurch die Vorstellung nahe gelegt werden, dass die Substanz der strahligen Körperchen es selbst ist, welche bei bestimmter Fixirung die negativen Silberbilder liefert? Wird nicht so das Räthsel vom Verbleib der strahligen Körperchen gelöst, ohne dass wir zu unstatthaften Hypothesen zu greifen brauchen?

Wir hatten gesehen, dass die Entstehung guter Saftkanalbilder abhängig ist von bestimmten Zuständen der Hornhaut, welche sich im Allgemeinen folgendermaassen charakterisiren lassen: Je weniger von den strahligen Körperchen sichtbar, um so besser werden die negativen Silberbilder. Erstere sucht man alsdann vergeblich. Ein Gleiches tritt ein, wenn man mit der Application der Silberlösung wartet, bis die strahligen Körperchen in der Hornhaut deutlich hervorgetreten. Man kann hierzu unter anderen auch das phosphorsaure Natron benutzen, welches sicher auf die Substanz der strahligen Körperchen einwirkt, da dieselben bei bestimmter Concentration der Lösung zu rundlichen Tropfen zusammenfliessen. Spühlt man eine Hornhaut, welche eine Zeit in phosphors. Natron gelegen hat, mit Wasser ab und lässt zu dem Präparate, während es unter dem Mikroskope liegt, ganz allmählig Silberlösung hinzutreten, so bemerkt man günstigen Falls die Bildung feiner Körnchen (phosphors. Silberoxyd) in den strahligen Körperchen. Gleichzeitig aber constatirt man durch die directe Beobachtung, wie dieselben allmählig undeutlich werden, indem ihre Substanz zerfliesst oder richtiger indem die körnigen Massen sich gleichmässiger vertheilen. In dem diffusen Körnchenlager bleiben kleine, nicht scharf begrenzte, hellere Flecke zurück.[1])

Dem soeben geschilderten Verhalten der strahligen Körperchen gegenüber sind von grösstem Interesse die Vorgänge, durch welche die scheinbar verschwundenen Gebilde wieder

1) Eine analoge Vertheilung der Substanz auch ohne phosphors. Natron. — Mit Recht sagen die ersten Beobachter der Wirkung des Höllensteins auf die Hornhaut *Coccius-Flinzer*, corpuscula corneae lapide infernali destrui. Cf. *Flinzer*, De argenti nitrici usu et effectu. Dissert. inaug. Leipzig 1854.

sichtbar werden können, wenn man frisch versilberte Hornhäute mit Chlorverbindungen behandelt und hierdurch nach der gewöhnlichen Ausdrucksweise die negativen Bilder in die positiven überführt. Zur Beurtheilung der dabei stattfindenden Veränderungen habe ich bereits im Vorhergehenden Beiträge geliefert, aus denen ziemlich unmittelbar ersichtlich, inwieweit die früher gegebene Erklärung aufrecht erhalten werden kann. Dieselbe lautete: Wird eine versilberte Hornhaut mit Kochsalzlösung oder Salzsäure in Berührung gebracht, so löst sich der Niederschlag innerhalb der Grundsubstanz auf, um alsdann von neuem in der Form von Chlorsilber in den strahligen Körperchen abgesetzt zu werden. Auf diese Weise wird der anfangs extracelluläre Niederschlag zu einem intracellulären.

Ich muss bestreiten, dass es zu einer wirklichen Auflösung des Niederschlages kommen darf, falls positive Bilder entstehen sollen; denn wenn wir durch stärkeren Kochsalzzusatz eine vollständige Lösung eintreten lassen, bekommen wir überhaupt keine strahligen Körperchen, sowie kein Chlorsilber zu Gesicht, sondern nach Einwirkung des Lichtes höchstens braungefärbte Kerne in einer klaren Grundsubstanz. Erzeugt man sich in einer versilberten Hornhaut zuerst einen Niederschlag von Chromsilber und lässt dann dünne Salzsäure einwirken, so erhält man gleichfalls sehr schöne mit Chlorsilberkörnchen durchsetzte strahlige Körperchen. Chromsilber wird aber von der Salzsäure nicht gelöst, es tritt nur eine Zerlegung ein. In gleicher Weise kommt es auch bei den gewöhnlichen Silberpräparaten bloss zu einer Umsetzung der Substanzen. Ich habe dargethan, wie man Silberalbumin durch geringere Kochsalzmengen derartig zerlegen kann, dass eine Chlor-Silberverbindung entsteht, während ein früher gebundener Eiweisskörper wieder frei wird. Auf die Cornea übertragen heisst das: Im Silberalbumin-Niederschlage bildet sich durch directe Umsetzung Chlorsilber; die bei der Coagulation fixirten Eiweissmassen werden wieder gelockert, werden zusammen mit den in sie eingelagerten Chlorsilberkörnchen verschiebbar und bilden durch Umlagerung die strahligen Körperchen. Je stärker die Quellung der Hornhautsubstanz, um so ausgebildeter die Ausläufer der vermeintlichen Zellen.

Den Vorschriften für Erzeugung der positiven Bilder gemäss soll man die Präparate längere Zeit in der chlorhaltigen Flüssig-

keit liegen lassen. Man erhält in der That auf diese Weise die vollkommensten Formen, aber es entgehen der Beobachtung die gerade so äusserst wichtigen Uebergangsstufen, deren Vernachlässigung wohl allein die Schuld trägt, dass das wahre Sachverhältniss nicht richtig erkannt wurde. Ganz bestimmte Präparationsvorschriften lassen sich nicht wohl geben, weil die primäre Silberwirkung in ihrem Erfolg nicht mit Sicherheit abzumessen, wesshalb es zweckmässiger zu diesen Versuchen sogleich stärkere Silberlösungen zu verwenden.

Die Präparate, in denen wir das Silberalbumin in einen Niederschlag von Chlorsilber umgewandelt, gewähren, wie zu erwarten, einen verschiedenartigen Anblick. Die ersten Stadien sind die, wo eine Umsetzung stattgefunden hat, ohne dass die Vertheilung des Niederschlages und damit das mikroskopische Gesammtbild verändert worden. Man bekommt sie zu Gesicht, sobald man die Chlorwirkung zeitig unterbricht und jede Quellung durch Einlegen in Alkohol hindert. Es wurde angeführt, dass die durch starke Coagulation erzeugten Eiweisshäutchen durch Kochsalz nicht zur Lösung gebracht werden, obgleich das Silber aus der Verbindung austritt. So kann unter Umständen die Grundlage der negativen Bilder erhalten bleiben, aber die in ihr gebildeten feinen Chlorsilberkörnchen beginnen zu wandern, um schliesslich in den Vacuolen und ihren Ausläufern angesammelt zu werden. Die gesammte Silbersubstanz, von der die Färbung der Präparate abhängt, setzt sich in einem vorhandenen Lückensysteme ab. In der Mehrzahl der Fälle wird das ganze mikroskopische Bild verändert. Die zwischen den Vacuolen liegenden Massen gruppiren sich zu feineren mit einander zusammenhängenden Streifen, entsprechend den interfibrillären Spalträumen. Durch weiteres Zusammenfliessen oder Zusammengedrängtwerden verkleinern sich allmählig die Vacuolen, bis sie endlich auf den Raum reducirt worden, der dem in ihr gelegenen Kerne entspricht. Ist die Umlagerung soweit gediehen, so sind die strahligen Körperchen der positiven Silberbilder fertig. Da es unmöglich ist all' die verschiedenen Stufen der Umwandlung einzeln vorzuführen, so mögen die beiden Abbildungen Fig. 21 *a* u. *b* zur Veranschaulichung des soeben Geschilderten genügen.

Eine gleichwerthige Veränderung des primären Silberniederschlages in der Hornhaut findet, wie ich glaube, noch in

anderen Fällen Statt, z. B. nach Einwirkung des salpetersauren Quecksilberoxyds, auf welche *His* besonderen Werth legt. Weil nehmlich dieses Salz zwar Chlorsilber aber kein Silberalbumin löst, so behauptet *His*, dass der durch Silberlösung in der Hornhaut erzeugte Niederschlag kein Silberalbumin sein könne; denn die Trübung schwindet, »wenn man die (versilberten) Hornhautschnitte mit salpeters. Quecksilber behandelt. Die Reaction erfolgt bei dickeren Schnitten etwas langsamer, aber doch ganz vollständig; die Hornhautkörperchen und ihre Ausläufer treten in der aufgehellten Hornhaut mit grosser Schärfe hervor.« Etwas Näheres über die Concentration der angewendeten Lösungen findet sich bei *His* nicht, woher es kommen mag, dass mir der angegebene Versuch nicht ordentlich gelang. Gewiss ist dabei nicht ausser Acht zu lassen, dass das salpeters. Quecksilberoxyd doch eine ganz bestimmte Wirkung auf das Silberalbumin ausübt. Der bekannte, feste käseartige Niederschlag wird, wie *His* selbst angiebt, »grobflockig«, er wird aufgelockert und somit wird auch der Hornhautniederschlag aus dem fixirten Zustande erlöst, eine nachträgliche Verschiebung erfahren können.

Noch ist es übrig diejenige Form der Chlorsilberbilder zu erwähnen, welche in Fig. 19 vorliegen. Man findet dieselben regelmässig in den tieferen Schichten dickerer Hornhäute, in denen die Zerlegung des Silberalbumins ohne Quellung der Grundsubstanz durch kurz dauernde Behandlung mit mehrprocentiger Kochsalzlösung bewirkt worden. Hier hat sich offenbar die schwarzkörnige Masse gleichmässig unter den Zellplatten ausgebreitet, ohne dass eine Einpressung in die interfibrillären Räume erfolgte, sie giebt uns Abdrücke der Zellplatten mit einschliessendem Kern, die wahren positiven Bilder zu den negativen, welche wir in Fig. 16 kennen gelernt hatten. Diese Bilder gleichen unzweifelhaft den durch Injection gewonnenen, wonach es ersichtlich, dass wir auf ganz verschiedenen Wegen zu denselben Resultaten gelangen können. Die Ergebnisse der Versilberung, richtig gedeutet, stehen also nicht im Widerspruch mit dem, was uns andere Präparationsmethoden kennen gelernt haben.

Ich bin am Schlusse dieser Abhandlung. Zwar habe ich noch manche Puncte, die nicht ohne Bedeutung sind, übergangen, hoffe jedoch hinreichend beweisende Einzelheiten angeführt zu haben. Die Verhältnisse, welche der Behandlung vorlagen,

sind complicirt genug, wesshalb meinerseits wohl der Wunsch gerechtfertigt, diejenigen, welche anderer Meinung sind, möchten stets die Gesammtheit der Gründe im Auge behalten, umsomehr, als wir in unseren Beweismitteln mannichfach beschränkt sind. Ich will nicht mit voller Sicherheit behaupten, dass ich bei den verschiedenen Erklärungen, welche ich dem direct Beobachteten angefügt habe, stets die einzig richtige getroffen, jedoch kenne ich zur Zeit keinen neuen Weg, auf dem ich zur Beseitigung etwa bestehender Zweifel gelangen könnte. An folgenden beiden Schlusssätzen wird so wie so schwerlich etwas zu ändern sein:

1. Die Methode der Versilberung verschafft uns keine richtige Vorstellung von der Structur der Hornhaut. Sie ist desshalb nur mit Vorsicht anzuwenden oder lieber ganz zu verwerfen, weil sie neben der Unsicherheit der Resultate entbehrlich ist.

2. Die sogenannten strahligen Körperchen der Hornhaut entsprechen nicht den eigentlich zelligen Elementen derselben. Sie sind keine selbständigen Gebilde. Ihre Substanz besitzt so vielfache Uebereinstimmung mit den interfibrillären Kittmassen, dass wir zum mindesten berechtigt sind, an der Protoplasmanatur der Substanz solange zu zweifeln, bis neue, charakteristische Eigenschaften erkannt sein werden.

Anhang.

Ueber die Wirkung der 10proc. Kochsalzlösung auf die thierischen Gewebe.

Bezüglich des Vorkommens von »Myosin« in der Hornhaut sagt *Bruns* in der vorerwähnten Abhandlung, es folge daraus, dass die Hornhautkörperchen contractil seien. Mir scheint gerade im Gegentheil die physiologische Bedeutung, welche man dem Myosin zugeschrieben, durch diese Thatsache gefährdet. Es dürfte nothwendig werden den aufgestellten physiologisch chemischen Begriff einer erneuten Prüfung zu unterziehen, um genauer, als es bisher möglich war, die Rolle kennen zu lernen,

welche das Myosin im Organismus spielt, um die Stellung zu fixiren, welche es unter anderen einnimmt gegenüber dem Mucin, das bekanntlich den Hauptbestandtheil der Kittsubstanz des Bindegewebes bilden soll. Es ist nehmlich leicht zu constatiren dass die interfibrilläre Substanz des Sehnengewebes sich gegen Kochsalzlösung im Allgemeinen gerade so verhält wie die der Hornhaut. Wenn also in letzterer Myosin vorhanden ist, so muss es auch in den Sehnen angenommen werden, oder es liegt in beiden Fällen eine Substanz vor, welche in ihrem Verhalten gegen bestimmte Reagentien dem Myosin ganz nahe kommt. Bei den Sehnen aber dürfte wohl niemand versucht sein, die durch Kochsalz zu gewinnende Substanz von contractilen Zellen herleiten zu wollen.

Die rein chemische Seite der angeregten Fragen überlasse ich natürlich vollständig den Fachleuten. Mir wird es im Weiteren nur darauf ankommen etwas ausführlicher diejenigen Versuche und Beobachtungen mitzutheilen, welche für meine Zwecke unerlässlich erschienen.

Bringt man ausgeschnittene Hornhäute in 10proc. Kochsalzlösung, so fangen sie alsbald an aufzuquellen. Die Quellung kann besonders bei einzelnen Thieren, z. B. beim Hunde, allmählig so beträchtlich werden, dass die Hornhaut fast kugelig wird. Noch sichtbarer tritt die Quellung hervor an Querschnitten frischer Hornhäute. Hat man den Schnitt so geführt, dass an der einen Seite ein Stückchen der Sclera sitzen geblieben, so breitet er sich fächerförmig aus, indem die fester gewebte Sclerotica an der Ausdehnung keinen Theil nimmt. Betrachtet man schliesslich einen solchen quellenden Hornhautschnitt genauer, so kann es gar keinem Zweifel unterliegen, dass es wirklich die interfibrilläre Kittsubstanz ist, welche von der Kochsalzlösung verändert wird, da die alleinige Quellung und Lösung der strahligen Körperchen nie eine derartige Veränderung hervorzubringen im Stande sein kann.

Um aus dem Hornhautextract Myosin in grösseren, zur Prüfung der chemischen Reactionen nöthigen Mengen zu gewinnen, liess ich die Häute von Ochsen, Kälbern, Schafen erst einige Tage in Kochsalzlösung liegen, bis sich die Epithelialschichten in Fetzen ablösten; dann erst wurden sie zerkleinert, mit neuer Lösung übergossen und auf längere Zeit der Maceration ausgesetzt. Letzteres ist durchaus nothwendig, wenn man eine mög-

lichst concentrirte Lösung erhalten will. Auch ist es rathsam, die Quantität der Kochsalzlösung nicht zu gross zu nehmen und die Trennung des Myosins von Fibrillensubstanz durch Schlagen und Schütteln zu unterstützen. Die Kittsubstanz haftet in der That sehr fest in dem dichten Geflechte der feinsten Fibrillen, besonders wenn sie eine ausgesprochen gallertige Beschaffenheit angenommen hat.

Die Sehnen vom Ochsen, zu deren Zerkleinerung ich eine Fleischschneidemaschine benutzte, wurden in gleicher Weise behandelt. Bei ihnen ist die Quellung in Kochsalzlösung zwar nicht so auffällig, doch dürfte es gleichfalls nöthig sein die Loslösung der gequollenen Kittsubstanzen von den fibrillären Massen durch mechanische Hülfe zu befördern.

Dass der Uebergang des Myosins aus dem Hornhaut- und Sehnengewebe in die Kochsalzlösung langsamer vor sich geht, hängt einmal ab von dem innigeren Umschlossenwerden von dem Fibrillengewirr, dann aber auch von einer wirklich vorhandenen schwereren Löslichkeit, indem zunächst immer ein starkes Aufquellen eintritt. Dieser Umstand könnte von wesentlicher Bedeutung sein. Da jedoch *Kühne* hauptsächlich das Froschmyosin zu seinen Untersuchungen benutzt zu haben scheint und da dasselbe sich z. B. in seiner Gerinnungsfähigkeit bei erhöhter Temperatur von dem Säugethiermyosin unterscheidet, so ist es immerhin möglich, dass es für letzteres ein günstigeres Procentverhältniss der Kochsalzlösung giebt als das zur Anwendung gekommene. Bei Behandlung todtenstarrer Kaninchenmuskeln ist das Gallertigwerden gleichfalls auffälliger, während auf der anderen Seite Froschhornhäute in der Kochsalzlösung fast gar nicht aufquellen.

Der Kochsalzauszug der Hornhäute und der Sehnen verhalten sich übereinstimmend in folgenden Puncten. Eine Ausscheidung des Myosins tritt ein sowohl durch Zusatz von Kochsalzpulver als durch Eintragen in grössere Wassermengen. Der auf die zweite Weise erhaltene Niederschlag, meist fein vertheilt, löst sich in Salzsäure, schneller oder langsamer vollständig oder nur theilweise, jenachdem er längere oder kürzere Zeit gestanden. Das in Lösung Uebergegangene fällt bei Neutralisation der Säure durch kohlensaures Natron wieder aus. Wasserstoffsuperoxyd endlich wird zerlegt, mag man das Product der Hornhaut- oder Sehnenmaceration mit ihm zusammenbrin-

gen. Die angeführten Reactionen sind im Wesentlichen die gleichen beim Muskelmyosin.

Längere Zeit in Kochsalzlösung macerirt und mit Wasser vollständig ausgewaschen, bildet das fibrilläre Gewebe im Ganzen eine äusserst zarte, weisse, flaumartige Masse. Je lockerer die gereinigte Substanz, um so leichter ihre Löslichkeit in kochendem Wasser. Namentlich löst sich fein zerfasertes Hornhautgewebe fast momentan und auch die festen äusseren Schichten desselben verschwinden bei 4—5stündigem Kochen unter gewöhnlichem Druck vollkommen. Eine Elastica anterior bleibt nicht zurück.

Durch die Kochsalzbehandlung der Gewebe scheint den Leimlösungen die Fähigkeit zu gelatiniren mehr oder weniger vollständig entzogen zu werden, wenigstens blieb es bei meinen beiden Versuchen der Gewinnung von Hornhautleim ganz aus, obgleich das Kochen nur kurze Zeit andauerte, und die Concentration der einen Lösung durch nachträgliches Abdampfen eine derartige geworden, dass die Substanz von etwa 20 grossen Hornhäuten (Ochsen, Kälber, Schafe) auf 50 Cbcm. Flüssigkeit kam. Beim Sehnenleim fehlte das Gelatiniren einmal gänzlich, während es das anderemal nur nach beträchtlicher Concentration in schwächerem Grade eintrat. Leider habe ich keine Zeit gefunden um quantitative Controlversuche mit gewöhnlichem Sehnengewebe anzustellen, ich habe auch meine Versuche nicht hinreichend variirt, um eine Entscheidung darüber treffen zu können, ob die Fibrillensubstanz selbst durch das Kochsalz modificirt wird (morphologisch ist dies nicht der Fall), oder ob das Gelatiniren des gewöhnlichen Leimes abhängig ist von einem Stoffe, der von der eigentlichen Fibrillensubstanz abgetrennt werden kann.

Der gewonnene Hornhautleim gab in dem einen Falle gar keine Chondrinreaction, das andremal hingegen, wo die Kochsalzbehandlung weniger lange angedauert, stellte sich bei massenhafter Fällung durch Gerbsäure bei Zusatz von Essigsäure und Kupfervitriol eine leichte Trübung ein, ohne im Ueberschuss des Reagens wieder zu verschwinden. Sollte sich das Ausbleiben der Chondrinreactionen als constant erweisen, so würde daraus gefolgert werden können, dass Hornhautfibrillen und Sehnenfibrillen im Wesentlichen aus demselben Stoffe gewebt sind, und dass die bekannten Unterschiede zwischen gewöhn-

lichem Bindegewebsleim und Hornhautleim abhängig von der Verschiedenheit der Beimengungen.

Behandelt man glatte Muskulatur mit 10proc. Kochsalzlösung, so werden die Zellen selbst wenig verändert, aber sie trennen sich mit grosser Leichtigkeit von einander offenbar in Folge einer Lösung der Kittsubstanz. Aus abgelöster Muskelhaut des Hundedarmes isoliren sich die spindelförmigen Elemente schon nach zweitägiger Maceration sehr schön und behalten dabei in einem Grade ihr normales Aussehen, dass sich schon desshalb diese Isolationsmethode ganz besonders empfiehlt. Ob sie in allen Fällen dasselbe leistet vermag ich nicht anzugeben; beim Frosche z. B. war die Isolation schon mit grösseren Schwierigkeiten verknüpft, als beim Hunde.

Dass übrigens das Myosin nicht beschränkt ist auf die bisher besprochenen Gewebe, beweisen weiterhin die Angaben von *Heynsius*,[1]) nach denen es in den Blutkörperchen vorkommt und zwar in den kernhaltigen reichlicher als in den kernlosen. Unterzieht man das Blut einer mikroskopischen Untersuchung, währenddem das Kochsalz wirkt, so sieht man die zuerst hervortretende Schrumpfung allmählig schwinden und deutlich in einen Erweichungszustand übergehen, indem die Körperchen kugelig werden oder bei Druck allerhand verschiedene Formen annehmen. Die Veränderungen gleichen denjenigen, welche man an den Blutkörperchen durch Harnstoff oder ganz dünne Kalilösung (1proc.) hervorrufen kann; es tritt endlich ein Zerfliessen ein, wie denn das Blut im Ganzen durch die bestimmte Kochsalzlösung in eine zähe schmierige Masse verwandelt wird. Wir haben die Veränderungen der Blutkörperchen wohl aufzufassen als hervorgegangen aus einer Umwandlung des Stroma's, zu dem allerdings auch die Kerne hinzugerechnet werden müssen, denn sie werden bei der Kochsalzbehandlung sichtlich in Mitleidenschaft gezogen. Wenn also hiernach Stroma und Kern die myosingebenden Bestandtheile der Blutkörperchen zu sein scheinen, so stimmt damit auch ihr Verhalten gegen andere Reagentien, z. B. ihre Unlöslichkeit in Säuren, welche bei der isotropen Substanz der Muskeln und an den strahligen Hornhautkörperchen, der Kittsubstanz des fibrillären Gewebes in gleicher Weise beobachtet wird. Wenn fernerhin von *Kühne*,

1) *Pflüger's* Archiv für Physiologie. 2. Band. S. 1.

neuerdings von *Brunton*[1]) angegeben wird, dass die Kerne Mucin enthalten, so werden wir zum zweiten Male darauf hingewiesen, dass gewisse Beziehungen zwischen Myosin und Mucin vorhanden zu sein scheinen, wie wir dies schon bei der Kittsubstanz des Bindegewebes angedeutet fanden.

Andere zellige Elemente des Körpers und ihre Kerne werden gleichfalls mehr oder weniger stark von der Kochsalzlösung verändert, so jedoch, dass sich nirgends eine blosse Wasserentziehung geltend macht.

Jedenfalls kommt dem Myosin im Organismus eine weite Verbreitung zu. Darin liegt die grosse Wichtigkeit dieser Substanz, zunächst ohne Rücksicht auf die physiologische Bedeutung, die erst festgestellt werden muss. Wenn man es überhaupt wagen darf, aus dem vorhandenen Beobachtungsmaterial, auf das ich nicht näher eingehe, schon jetzt bestimmtere Schlüsse zu ziehen, so möchte ich mir gestatten, dieselben in nachfolgenden Umrissen vorzuführen:

Die namentlich in physiologischer Beziehung hervortretenden Eigenthümlichkeiten des Protoplasma, welche wir damit bezeichnen, dass wir sagen, dasselbe sei organisirte Substanz, sind abhängig von dem Aneinandergeknüpftsein verschiedenartiger Eiweissstoffe. Es handelt sich jedoch nicht um eine einfache Mischung, sondern es ist eine räumliche Sonderung vorhanden, eine bestimmte morphologische Anordnung. Mit der Entwicklung der Zellsubstanz geht die Zerlegung Hand in Hand; je weiter die Zelle ausgebildet wird, um so ausgeprägter wird die Sonderung, um so bestimmter der innere Bau, um so mehr gewinnt eine jede die Bedeutung eines besonderen physiologischen Apparates.

Die beiden Substanzen, die bei allen Zellen und Zellabkömmlingen in Frage kommen, lassen sich im Allgemeinen folgendermaassen charakterisiren. Die eine Substanz ist die physiologisch wirksame, d. h. diejenige, welche die jeweilige physiologische Function bedingt, diejenige, welche in den verschiedenen Zellen wechselnde physikalische und chemische Eigenschaften besitzt. Die zweite Substanz ist eine allen zelligen Gebilden gemeinsame, gewissermaassen oder wahrscheinlich das Residuum der gleichartigen Stoffanlage. Sie tritt entweder

1) Journ. of anatomy and physiol. No. V. p. 91.

als wirklich formgebend, als Stroma auf oder erscheint mehr als Einlagerung zwischen den schärfer abgegrenzten morphologischen Gruppirungen der ersten Substanz, wie z. B. in den quergestreiften Muskeln, in denen die einfachbrechende Substanz die doppeltbrechenden sarcous elements von einander scheidet. Sie ist es, welche, wie ich glaube, das durchgehende Vorkommen des Myosins bedingt, womit jedoch nicht gesagt sein soll, dass dieser Stoff überall ganz dieselben Eigenschaften besitzen muss. Das Zusammenwirken mit dem specifischen Zellstoff kann auch in ihm gewisse Modificationen hervorrufen.

Der vorwärtsschreitenden Forschung wird es vorbehalten bleiben müssen über Begründung oder Verwerfung dieser Aufstellungen zu entscheiden.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Querschnitt einer durch Einstichinjection von dünner Gerbsäure verdickten Hornhaut. Längs- und quergetroffene Schichten. Vergröss. 200.

Fig. 2. Analoger Schnitt, der Breite nach auseinander gezogen. *a* u. *b* Längslagen der Faserzüge. Die quergetroffenen Schichten (*c*) haben sich auf die Seite gelegt.

Fig. 3. Querschnitt einer einfach erhärteten Hornhaut des Hundes. Vergröss. 500.

Fig. 4. Querschnitt der Hornhaut mit eröffneten Spalten. Zellkerne gefärbt. Vergröss. 400.

Fig. 5. *a* u. *c* wie in Fig. 2. Austausch der Fibrillen zwischen den Schichten verschiedener Richtung. Offene Spalte mit abgelöster kernhaltiger Zellplatte im optischen Querschnitt. Vergröss. 800.

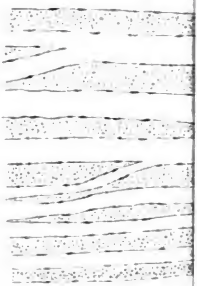
Fig. 6. Isolirte Hornhautzellen. *a* Verschiedene Kernformen, Faltungen der elastischen Platten. *b* Zusammenhang einer einzelnen Zelle mit einem aus übereinander goschobenen und gefalteten Zellen gebildeten Häutchen. *c* Isolirte kernhaltige Zellplatte mit anhaftendem strahligen Körperchen. Vergröss. 300.

Fig. 7—10. *Descemet*'sche Membran des Ochsen, in verschiedenen Dickenschichten nach Maceration in Kochsalzlösung. 7, 8 u. 10 bei 400-facher Vergröss., 9 dasselbe Bild wie 8, bei 1000facher Vergröss.

Fig. 11. Nervenplexus der Hornhautsubstanz mit eingelagertem, ganglienartigen Gebilde v. Frosche. Vergröss. 300.

Taf. I.

Fig. 1.



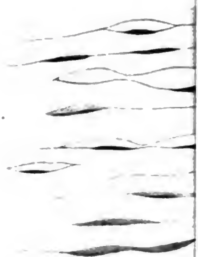


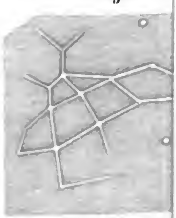
Fig. 6.



Fig. 11.



Fig. 7.



Berichte d. K. S. Ges. d. Wiss. mat
Zur Abhandlung v. F. Schweigg

Taf. II.

Fig. 12.



Fig. 16

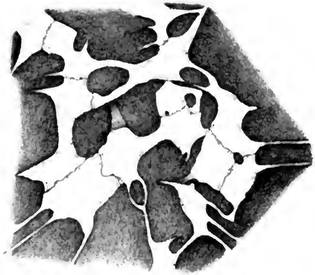






Fig. 17.



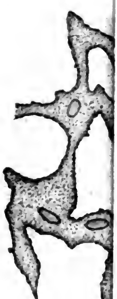


Fig. 18.



Berichte d. K. S. Ges.
Zur Abhandlung n

Lith. Inst. v. J. G. Bach Leipzig

Tafel II.

Sämmtliche Figuren bei 250facher Vergröss. gezeichnet.

Fig. 12. Eindringen von Injectionsmassen in die interfibrillären Räume. Mässige Ausdehnung derselben.

Fig. 13. Injection des abgeschlossenen Spaltsystems der Hornhaut. *a, b, c* übereinander liegende Schichten der Kanäle von der Fläche in stereoskopischer Ansicht. *d* Verbindungskanal zwischen verschiedenen Massen. *e* Durchbruch der Massen in die interfibrillären Räume. *f* Nervenkanal.

Fig. 14. Dasselbe mit imbibirten Kernen der auskleidenden Zellplatten. 12—14 vom Hunde.

Fig. 15. Injection der frischen Hornhaut des Kaninchens, Imbibition der Kerne mit Haematoxylin. Copie einer Abbildung von *C. Fr. Müller, Virchow's* Arch. 41. Bd. Taf. 1.

Fig. 16 Aus einer mit Silberlösung behandelten Cornea vom Hunde. Dunkele Linien Grenzen der auskleidenden Zellplatten.

Fig. 17. Silberbild aus der Hornhaut des Kaninchens, Fig. 18 aus der des Frosches.

Fig. 19. Hornhautzellen vom Hunde, mit feinen Chlorsilberkörnchen belegt und dadurch in ihren Grenzen markirt. Kerne imbibirt.

Fig. 20. Sogen. vielstrahlige Hornhautkörperchen nach Behandlung mit Chlorgold. Vom Kaninchen.

Fig. 21. *a* u. *b* Uebergänge aus den sogen. negativen Silberbildern in die positiven.

Wie ändern sich durch die Erregung des n. vagus die Arbeit und die innern Reize des Herzens?

Von

Dr. J. Coats.

Mit 1 Tafel und 9 Holzschnitten.

Das Herz mit seinen Muskeln, Nerven und Erregern stellt das einfachste Beispiel eines thierischen Motors dar; somit würde es sich vor Allen eignen zu der Untersuchung über die wesentlichsten Eigenschaften eines solchen, vorausgesetzt, dass man die Arbeit des Herzens genau zu messen vermöchte. Diese letztere Forderung erscheint aber erfüllbar, seit es möglich geworden, das isolirte mit röthlichem Serum gespeiste Froschherz bequem und anhaltend zum Versuche zu benutzen. Unter diesen Umständen entschloss ich mich leicht, den Vorschlägen des Herrn Prof. *Ludwig* zu folgen, die mich aufforderten, mit der von ihm angegebenen Methode eine Versuchsreihe über die Frage anzustellen, die in dem Titel dieser Abhandlung enthalten ist.

Die Vorbereitungen, welche am Frosch zur Anstellung der Versuche nothwendig sind kurz folgende: Mit einem Stift wird Hirn und Rückenmark durchbohrt, das Thier unterhalb der Leber durchschnitten, von der oberen Hälfte wird sorgfältig das Brustbein sammt den oberen Extremitäten entfernt, dieses jedoch mit der Vorsicht, auf einer Seite einen grossen Hautlappen zu erhalten, welcher als Decke für die Nerven und das Herz benutzt werden kann; das blosgelegte Herz befreit man vom Herzbeutel, durchschneidet die kleine Brücke der Serosa, welche durch die Höhle des Letzteren hindurch geht, nachdem dieselbe vorerst mit einem feinen Faden umschnürt wurde. Auf den

ersten Blick mag es räthlicher erscheinen, den Herzbeutel uneröffnet zu lassen und damit dem Herzen seine schützende Decke zu lassen. Diese Vorsorge, so gerechtfertigt sie einerseits ist, bringt, wenn sie befolgt wird, leicht Störungen in den Versuch, durch Falten, welche den Uebergang der Flüssigkeit zu und von dem Herzen behindern; wird, um dieses zu beseitigen, der Herzbeutel eröffnet, dann muss auch das Herzende des kleinen Gefässes unterbunden werden, welches durch den oben erwähnten Fortsatz des Herzbeutels hindurch geht. Nach Eröffnung des Herzbeutels wird ein Zweig der Aortengabel unterbunden und in den zweiten eine Glascanüle durch den *bulbus aorta* hindurch bis zum Ventrikel hingeschoben und eingebunden; nun trennt man bis auf den Stamm der untern Hohlvene die Hängebänder der Leber ab, legt einen Faden um das Gefäss, eröffnet dieses letztere, führt eine möglich starke Glascanüle bis in den Vorhof ein und bindet dieselbe fest. Hierauf wird Leber und Lunge entfernt, der Magen etwa in seiner Mitte durchschnitten und alsdann eine starke an beiden Enden zugeschmolzene Glasröhre durch den Mund ein- und zum offenen Magen wieder ausgeführt; es ist zweckmässig, diese Röhre von einem so grossen Durchmesser zu nehmen, als es nur immer die Dimensionen der thierischen Theile erlauben, weil hierdurch der *vagus* auf seinem Verlauf von der Wirbelsäule bis zum Herzen möglichst entfaltet und das Herz vom Ursprung des Nerven möglichst entfernt wird. Das Präparat nimmt sich alsdann so aus, wie es in der beigegebenen Tafel dargestellt ist und es gelingt jetzt leicht, alle auf ihm verlaufenden Nervenstämme aufzufinden, insbesondere aber den des *n. vagus* zu isoliren; zu dem letzteren Ende ist es zweckmässig, alle übrigen Nerven auszuschälen und aus der Schlundwand, wo sie der Wirbelsäule zugekehrt ist, ein Fenster auszuschneiden, so dass der *n. vagus* unmittelbar nach seinem Austritt aus dem Knochen von allen Weichtheilen befreit ist. Jenseits des Ortes, wo der Nerv sich mit der absteigenden *a. aorta* kreuzt, bleibt dagegen der Nerv am besten gänzlich unberührt, deshalb ist es auch zweckmässig, die Unterbindung der Jugularvenen zu unterlassen, die ohnedies mit Klappen versehen sind, welche den Austritt von Flüssigkeit aus den Vorhöfen verhindern.

Wenn das Präparat so weit gediehen ist, wird das aus dem Munde hervorstehende Ende des Glasrohrs in den Griff eines

Halters eingesetzt (s. die Tafel) und der Kautschuk *H*, in dem die Canüle der Hohlvene endet, durch ein kleines Glasröhrchen mit einem andern längern Kautschukrohr verbunden, welches in den kleinen Glasbehälter (*A*) ausläuft; dieser ist mit röthlichem Kaninchenserum gefüllt und trägt zur beliebigen Regelung des Abflusses an seiner untern Mündung eine Klemme oder einen Glashahn. Hierauf wird an die Aortencanüle das Manometer gefügt; das von mir benutzte besass die Dimensionen des von *Cyon* gebrauchten, von diesem unterschied es sich jedoch rücksichtlich seiner Construction. Die beiden senkrechten Schenkel dieses Manometers waren oben offen, aus der einen Oeffnung ragte wie immer das Ende des leichten auf dem Quecksilber ruhenden Schwimmers hervor, auf der Oeffnung des andern unmittelbar an den wagrechten grenzenden Schenkels steckte ein Kautschukröhrchen *F*, das mit einer Klemme zu verschliessen war.

Ist alles dieses vorbereitet, so kann die Verbindung zwischen dem etwas über das Herz erhobenen Serumbehälter *A* und dem Vorhofe hergestellt werden, in Folge dessen Serum in den Vorhof und von da in die Kammern übertritt, von wo es allmählig durch die Kammercontractionen selbst in das Manometer gelangt. Die Oeffnung des Manometers bei (*F*) blieb so lange unverschlossen bis alle Luft aus dem Präparate entfernt war. Wenn diess geschehen so wurde die Oeffnung geschlossen und der Versuch konnte seinen Anfang nehmen. Bevor ich jedoch den Schluss des Kautschuks bei (*F*) herstellte, nahm ich eine Abscisse, deren Höhe durch die Gleichgewichtslage des Schwimmers, Quecksilbers und Serums, soweit das Letztere im Manometer enthalten war, bestimmt wurde. Den Bemerkungen, welche *Cyon*[1]) in Betreff der Zuverlässigkeit gemacht hat, mit welcher der Schreibstift die selbstständigen Bewegungen des Herzens notirt, weiss ich nichts zuzufügen, wesshalb ich auf dieselben verweise.

Sollte der *n. vagus* gereizt werden, so schob ich zwei feine Platindrähtchen, die mittelst einer isolirenden Masse an einem starken Bleidraht befestigt waren, unter den einen der beiden Nerven. Rückwärts standen die Platindrähtchen mit den Enden der secundären Inductionsspirale eines gewöhnlichen Inductors

---

1) Diese Berichte 1866.

oder auch eines Rhümkorffs von *Siemens* und *Halske* in Verbindung. Ausser der Unterbrechung, welche durch den Abstand der beiden Platindrähte gegeben war, bestand noch eine zweite, welche durch eine schlüsselartige Einrichtung überbrückt oder geöffnet werden konnte. Dieser Schlüssel trug ebenfalls einen Schreibstift, welcher unmittelbar unter den des Manometers an die Trommel gestellt wurde.

Zur Controle der Zeiten dienten die Marken, welche ein Secundenpendel, oder auch unter Umständen eine Stimmgabel mit 28 Schwingungen in der Secunde auf die Trommel notirte. Der Stift dieses Pendels stand ebenfalls senkrecht unter dem des Manometers.

Die Trommel war mit berusstetem Papier überzogen.

Aus der Vorbereitung des Versuches geht hervor, dass es Absicht ist die äussere Arbeit des Herzens durch den Hub des Quecksilbers zu messen, der im Manometer stattfindet; sie wird, wenn r der Radius des Manometerrohres, h die Höhe des Hubes, den der Herzschlag veranlasst, s das specifische Gewicht des Quecksilbers ist, gleich $\frac{\pi s r^2 h^2}{2}$ sein.

Obwohl nun der angestrebte Versuch in die Gattung derjenigen gehört, welche von *E. Weber* in die Wissenschaft eingeführt und von *Ad. Fick* [1]) einer sorgfältigen Betrachtung unterworfen wurden, so stellen sich doch zwischen der Anordnung und der Absicht beider Versuchsreihen mannichfaltige Unterschiede heraus.

Zunächst ist das Ziel des Versuchs am Herzen und desjenigen am parallel faserigen Froschmuskel insofern verschieden, als hier die dem bekannten Reize angehörige Arbeit gesucht wird, am Herzen soll umgekehrt aus der gegebenen Arbeit auf die Grösse des Reizes geschlossen werden. Nach bekannten Erfahrungen ist dieses Letztere zulässig, weil die Arbeit, welche ein nach Dimensionen, Elasticität und Reizbarkeit unveränderlicher Muskel ausgiebt, abhängig ist von dem angehängten Gewicht, von der Dehnung des Muskels bei Beginn seiner Zusammenziehung und innerhalb gewisser Grenzen von der Stärke des Reizes.

In der Anordnung des Versuchs zeigen sich Verschiedenheiten, zunächst insofern, als das Gewicht nicht an den Muskel angehängt, sondern von der Herzwand umgriffen wird, dieser-

1) Untersuchungen über Muskelarbeit. Basel 1867.

halb kann es hier niemals zu einem Abheben des Gewichtes, beziehungsweise zu Wurfbewegungen kommen. — Unterschiede liegen ferner darin, dass sich im Gegensatz zu den gewöhnlichen Versuchen das vom Herzen gehobene Gewicht während der Zusammenziehung des erstern ändert. Auch durch die Muskelsubstanz ist der Versuch abweichend, indem die Zusammenziehung des Herzens sehr viel langsamer, und wegen der Anordnung der Muskelfäden mit grossen innern Widerständen vor sich geht, wesshalb die Beschleunigungen des Gewichts, die bei den gewöhnlichen Zuckungsversuchen eine grosse Rolle spielen, von geringer Bedeutung sind.

Diesen Vortheilen verschiedener Art treten aber auch nun Schwierigkeiten gegenüber, deren bedenklichste darin besteht, dass die Längen der Muskelfasern nicht zu messen sind; aus diesem Grunde unterliegt der Herzversuch sehr grossen Beschränkungen. Für den vorliegenden Zweck dürften die Grenzen seiner Brauchbarkeit folgendermaassen zu bestimmen sein. Wenn die ruhende Herzwand, deren Ausdehnung f sei, von einem Reize E getroffen wird, so sucht sich die genannte Wand einer andern Ausdehnung f' zu nähern und sie erreicht dieselbe um so mehr, je geringer der Widerstand ist den sie beim Hingange von f zu f' findet. Ist nun wie in unserem Falle die Einrichtung getroffen, dass das bei der Verkleinerung des Herzens aus diesem ausgetriebene Volum einen Druck h erzeugt, so wird das Herz seine Contraction vollendet haben so wie das Product aus der Herzfläche f'' in den Druck h, also $f''h$ dem durch E angeregten Contractionsbestreben das Gleichgewicht hält. Da nun h in Anbetracht dass es in der Manometerröhre vom Radius r erzeugt wird offenbar $\frac{f-f''}{r^2}$ proportional ist, so wird auch E durch Function $\frac{(f-f'')}{r^2} f''$ auszudrücken sein; oder in Worten: es hängt der Werth h, welcher durch die Erregung E herbeigeführt wird, u. A. auch ab von der Ausdehnung f, welche das Herz besass als die Reizung eintraf, und demnächst auch von dem Radius r der Manometerröhre. In dem vorliegenden Versuch wird sich nun sowohl die ursprüngliche, wie wir voraussetzen elastische Spannung als auch die durch die Zusammenziehung erzeugte Spannung im Manometer ausdrücken. Bedeutet nun h (proportional f) die elastische und h' die durch die Contraction herbeigeführte Spannung, so ist aus



Fig. 1.

den Eigenschaften der Volum- und Flächenänderung des Herzens ohne Weiteres ersichtlich dass bei gleichem E mit dem Werthe von f und dem ihm proportionalen Werthe h bis zu gewissen Grenzen h' wachsen wird. — Die Richtigkeit dieser Auseinandersetzung lässt sich leicht durch den Versuch nachweisen (Fig. 1). Zu diesem Ende fülle man ein Froschherz mit Serum so weit, dass in der Pause das Quecksilber auf den Stand H über seine Gleichgewichtslage $g\,g$ steige. Bei dieser Füllung führt das Herz Contractionen aus, die bei vollendeter Systole das Quecksilber auf die Höhe h' heben. Nun lasse man einige Tröpfchen Serum ausfliessen, so dass die Ruhespannung sich auf H' senkt, augenblicklich wird die Excursion nur bis zu h'' steigen, u. s. f. bis h''', h^{iv}, h^{v}, d. h. es wird jedesmal die Excursion sinken, so wie die Füllung des Herzens verringert ist. Augenblicklich aber kehrt die frühere Excursion h' wieder, wenn man das Herz, bei h^{v}, wieder so weit mit Serum gefüllt hat, dass die bei h' vorhandene Spannung des ruhenden Herzens H erreicht ist.[1]) — Nähert sich die Spannung des ruhenden Herzens mehr und mehr derjenigen welche der Reiz überhaupt zu überwinden vermag, so mindert sich selbstverständlich mit dem wachsenden Druck im ruhenden Herzen die Excursion.

Aus alle diesem folgt, dass die vom Herzen an das Manometer abgegebene Arbeit nur dann zur Schätzung des Reizes verwendet werden kann, wenn die Zusammenziehungen des Herzens von immer gleichen Drücken ihren Anfang nehmen. Ist aber dieser Bedingung genügt, so wird, wenn auch alles Andere unverändert geblieben, mit Sicherheit zu schliessen sein, dass von zwei Herzschlägen, die ungleiche Hübe ausgeführt ha-

1) Diese Figur verdanke ich der Güte des Herrn Dr *Bowditch*.

ben, der weniger arbeitende auch von einem schwächern Reize ausgelöst worden sei.

Diese durch die Erfahrung bestätigten Erwägungen gaben die Veranlassung zur Aufstellung des Serumgefässes *A* (s. die Tafel). Während jeder Versuchsreihe wurde der Inhalt desselben auf möglichst gleichem Niveau erhalten, nach jeder Versuchsreihe wurde der Zufluss aus *A* unterbrochen und die Klemme bei *F* eröffnet, so dass sich das Herz entleeren konnte; vor Beginn einer neuen Beobachtung ward das Herz mit frischem Serum durchgespült. Dann wurde die Klemme bei *F* geschlossen, die Verbindung mit *A* dauernd hergestellt und das Aufschreiben von Neuem begonnen. Das Herz wurde jedesmal soweit gefüllt, dass während der Systole noch eine merkliche Formänderung eintrat, dass dagegen nach Beendigung derselben in dem Herzen noch ein nicht unbeträchtlicher Serumtheil verblieb; unter diesen Umständen nehmen die Excursionen des Quecksilbers einen bedeutenden Umfang an und die von dem Herzen entwickelten Kräfte werden vollständig auf dasselbe übertragen, da zu allen Zeiten noch Serum vorhanden ist um in das Manometer übergeführt zu werden.

Bei der Anwendung dieser Vorsichtsmaassregeln erhält man nun vom Froschherzen Schlagcurven, die an Regelmässigkeit nichts zu wünschen übrig lassen; jeder folgende Schlag erhebt sich von derselben Höhe über der Nulllinie wie der vorhergehende und jeder steigt genau in derselben Weise zu demselben Maximum und sinkt in gleicher Art wieder herab.

An einer Reihe von dieser Beschaffenheit wird man also leicht erkennen ob und nach welcher Richtung hin sich die Reize geändert haben, die zwei aufeinander folgende Schläge veranlassten.

Gründe, die im Verlaufe dieser Mittheilung hervortreten, machen es nun aber wünschenswerth auch noch unter weniger beschränkten Bedingungen aus dem Umfang der Zusammenziehung auf die Grösse des veranlassenden Reizes schliessen zu können. Unter bestimmten Umständen ereignet es sich nämlich, dass der Stand des Quecksilbers, der beim Wiederbeginn eines Schlages vorhanden, ein anderer ist, als er beim vorhergehenden oder folgenden Schlage gewesen und geworden. — Auch wenn die Menge des Serums, welche das Herz und das Manometer zugleich füllt, unverandert geblieben ist, kann sich die

Spannung des ruhenden Herzens ändern; namentlich geschieht dieses entweder wenn die Pausen zwischen je zwei Systolen ihre Dauer, oder wenn die Systolen selbst ihre Hubkraft ändern. Verlängerung der Pause und Minderung der Hubhöhe wirken hier im gleichen Sinne, denn beide erniedrigen den Stand des Quecksilbers zu Ende der Diastole. Um dem Leser ein Bild von der Erscheinung die sich hier darbietet zu gewähren, verweise ich ihn auf Fig. 2 u. 3 (S. 375).

Die Ursachen, wesshalb sich das Quecksilber in der Pause seiner Gleichgewichtslage nur allmählig nähert, kann bei dem geringen Widerstand in den Verbindungsstücken zwischen Manometer und Herz nur in den Widerständen des letztern gelegen sein; und diese selbst können nur ihre Erklärung finden in der geringen Geschwindigkeit mit welcher die Herzwand aus dem zusammengezogenen in den erschlafften Zustand übergeht. Wenn nun zwei Schläge beim Beginn ihres Auftretens das Quecksilber auf ungleicher Höhe finden, so entsteht die Frage, wie hoch würde, gleichen Reiz vorausgesetzt, jeder derselben das Quecksilber schliesslich heben. Eine aus Analogien mit andern Muskelversuchen geschöpfte Antwort lässt sich nicht geben. Zunächst wäre es nämlich möglich dass das Gewicht, welches bei kleinerem Druck auf der Herzfläche lastet, nicht wesentlich geringer ausfiele als bei grösserem, weil sich das Herz ausgedehnt haben muss um den Inhalt des Manometers aufzunehmen, somit könnten sich Druck und Herzfläche, die beiden Factoren der Herzlast, compensirt haben. Offenbar ist aber nun anderseits die Herzwand bei höherem Druck härter als bei niederem und es tritt somit der beim gewöhnlichen Muskelversuch nicht mögliche Fall ein, dass die Spannung des ruhenden Muskels grösser bei geringerer als bei stärkerer Dehnung ist. Die Analogie zwischen dem Herzen und dem Muskel könnte letztern Falls nur aufrecht erhalten werden, wenn man das Herz auch zu Ende der Pause als ein noch in schwacher Contraction befindliches ansehn wollte. Je nach der zu Grunde gelegten Annahme würde man also die oben gestellte Frage nach dem Hub bei gleichem Reize entweder dahin beantworten, dass das Herz zu Ende der Systole das Quecksilber immer auf gleiche Höhe bringe, weil dann dieselbe Endspannung der Faser, welcher der Reiz das Gleichgewicht zu halten vermöge, erreicht sei, oder man würde behaupten, das Herz hebe das Quecksilber um gleiche

Werthe, weil dann der Reiz jedesmal gleiche Arbeit geleistet habe; im erstern Fall würde also der Hub, den das Quecksilber erfahren, ungleich gross aber sein Abstand von der Gleichgewichtslage gleich hoch gewesen sein, im andern Fall würden umgekehrt die Hübe gleich gross aber die Abstände der höchsten Höhe von der Nulllinie ungleich geworden sein.

Wie die Schlüsse aus Analogie so versagen auch die welche man aus den Herzbewegungen selbst zu entnehmen sucht, insbesondere darum, weil wir kein anderes Kennzeichen für die Gleichheit der Reize besitzen, als die Leistung gleicher Arbeit von gleicher Anfangsdehnung. Immerhin scheint es aber zulässig anzunehmen, dass wenn bei geringen Unterschieden in der Anfangsdehnung sehr beträchtliche Unterschiede in der Arbeit sichtbar werden, dieses auf eine Verschiedenheit der Reize deute. Dieser Schluss findet darin eine Unterstützung, weil auch bei geringen Unterschieden der Gesammtfüllung die Arbeit sehr annähernd gleich zu sein pflegt. Beispiele hierfür werden im Verfolg dieser Mittheilung noch vorkommen.

Nach dieser Auseinandersetzung komme ich zur Darstellung der Ergebnisse meiner Versuchsreihen. In der ersten derselben ward vorzugsweise darüber Auskunft gesucht, ob durch eine Reizung des *n. vagus* die Summe der Herzarbeit vermindert oder nur anders auf die Zeit vertheilt sei. Niemanden wird es je zweifelhaft gewesen sein, dass während der bestehenden Erregung des *n. vagus* die Herzarbeit eine Verringerung erlitten habe; fraglich konnte es nur sein, ob unmittelbar auf den Moment, in welchem die Erregung des *n. vagus* verschwunden ist, eine Periode folge, in welcher der Arbeitsverlust wieder ausgeglichen wird der während der Vaguserregung entstanden war. Die Beobachtungen am Säugethier-Herzen sprechen nun auch scheinbar für eine solche Ausgleichung, denn in der Regel kehrt der Puls nach der langen durch den *n. vagus* bewirkten Pause in sehr kräftigen Schlägen wieder, die den tief abgesunkenen Blutdruck rasch wieder emporheben. Diese Erscheinung kann aber, wie schon *Donders* bemerkt, auch erklärt werden aus der reichlicheren Füllung des Herzens bez. der Brustvenen, welche in der langen Pause bewerkstelligt wurde. — In meinen Versuchen an Froschherzen, in welchen die Unterschiede der Füllung keine Rolle spielen können, zeigt sich nun nichts, was zu Gunsten einer späteren Ausgleichung spräche. Denn wenn die

Wirkungen des erregten *n. vagus* erloschen sind, so kehrt in weitaus den meisten Fällen der Schlag zu der Stärke und Häufigkeit zurück, welche er vor der Vagusreizung besessen hatte. Nur in einigen wenigen Fällen wurde die Quecksilbersäule nach erloschener Erregung des *n. vagus* etwas höher gehoben als dieses vor Eintritt derselben geschehen war. Doch war das Maass an Arbeit, welches hierdurch gewonnen wurde, nicht im Stande den Verlust zu decken, der während der Erregungsperiode entstanden war.

Kaum wird die Bemerkung nöthig sein, dass der Arbeitsverlust grösser wurde wenn die Reizung anhaltender und stärker gemacht worden war.

Die tabellarische Zusammenstellung einiger Versuche (siehe nächste Seite) wird die soeben hingestellten Sätze bestätigen. Zum Verständniss der Zahlen diene: In dem ersten Stabe stehen die Nummern der aufeinander folgenden Herzschläge; in dem zweiten die Zeit in Secunden in welcher der Herzschlag ablief, vom Beginn seiner Systole bis zum Beginn der Systole des nächsten Schlages; in dem dritten ist verzeichnet die Höhe in M. M., die das Quecksilber in seiner Ruhelage einnahm am Ende der Herzpause des vorhergehenden Schlags, mit andern Worten die Spannung, unter welcher sich die Herzwand befand als der Schlag begann; im vierten Stabe, unter Hubhöhe, steht der Stand des Quecksilbers in M. M., den es am Ende der Systole erreicht hatte, diese letztere Höhe ist von dem Ausgangspunkt der Bewegung an gemessen, mit andern Worten: die Zahl giebt an wie weit durch die Systole die Quecksilbersäule über den tiefsten Punkt in der vorhergehenden Herzpause gehoben wurde. Die fünfte Reihe enthält das Quadrat der vorhergehenden Zahl; sie giebt also das proportionale Maass der durch den Schlag geleisteten Arbeit. — Der Zeitpunkt der beginnenden Reizung ist durch †, der beendeten durch o bezeichnet.

Tabelle I.

No.	Schlagdauer in Secunden	Ruhe-spannung	Hubhöhe des Schlags	Quadrat eines Hubes	Arbeit in gleicher Zeit
			Mm.		
1 bis 10	1.32 +	9.5	34.2	1169	885
11	o 7.7	8.0	26.3	691	5899
12	3.3	0.0	26.3	691	19.1
13	2.0	0.3	29.9	894	= 308
14	1.6	4.7	29.3	858	
15	1.6	7.6	28.9	835	
16	1.5	8.5	30.1	906	
17	1.4	10.5	32.0	1024	
18	1.5	9.5	33.6	1128	18053
19	1.4	»	35.7	1274	19.7
20	1.3	»	36.1	1303	= 916
21	1.5	»	»	1303	
22	1.5	»	36.5	1332	
23	1.3	»	»	1332	
24	1.3	»	»	1332	
25	1.5	»	»	1332	
26	1.5	»	36.1	1303	
27	1.3	»	»	1303	
28	1.4	»	»	1303	
29	1.4	»	35.7	1274	
30	1.3	»	»	1274	
31	+ 1.5	»	35.5	1260	
32	1.7	»	31.9	1017	12460
33	1.6	5.7	30.4	924	29.7
34	o 1.8	4.7	26.6	707	= 419
35	6.6	3.8	25.6	655	
36	2.0	0 0	26.0	676	
37	1.5	?	?	?	
38	1.5	6.6	21.8	475	
39	1.5	8.5	22.8	519	
40	1.5	9.1	24.7	610	
41	1.5	9.3	27.2	739	
42	1 5	9.5	28.5	812	
43	1 3	»	30.4	924	
44	1.5	»	32.3	1043	
45	1.5	»	33.1	1095	
46	1.4	»	33.5	1122	
47	1.3	»	33.8	1142	
48	1.5	»	34.2	1169	4704
49	1.4	»	»	1169	5.8
50	1.4	»	34.4	1183	= 811
51	1.5	»	»	1183	

Die Betrachtung der Zahlen in der vorstehenden Zusammenstellung, durch welche die Arbeit des Herzens ausgedrückt wird (Stab 5 u. 6), lässt erkennen, dass während und unmittelbar nach der Reizung des *n. vagus* sowohl die in der Zeiteinheit als auch die vom einzelnen Schlage geleistete Arbeit bedeutend herabgesetzt ist. Auf die Periode, in welcher die Arbeit geringer als vor der Reizung war, folgt eine andere, in welcher sie grösser werden kann als sie vor der Reizung gewesen. Dieses findet sich in der vorstehenden Tabelle während der Zeit, in welcher die Schläge 18 bis 31 ausgeführt wurden. In diesem Zeitabschnitt steigt die von dem einzelnen Schlage ausgegebene Arbeit zunächst an und sinkt alsdann mit der wachsenden Schlagzahl wieder auf den Werth herab, welcher vor der Reizung vorhanden gewesen, dafür aber verlängern sich die Pausen, welche zwischen je 2 Schlägen auftreten. Dieser Combination kräftigerer aber seltner Herzschläge ist es zuzuschreiben, dass auch in diesem Zeitraum die Herzarbeit in der Zeiteinheit nur um wenige Procente grösser wird als sie vor der Reizung gewesen ist, namentlich aber dass der Ueberschuss, der hier zu Tage tritt, durchaus nicht genügt um den Ausfall zu decken, welcher während und unmittelbar nach der Reizung entstanden war.

Die Erscheinungen, welche nach der zweiten beim Schlag 31 eintreffenden Reizung eintreten, zeigen wiederum einen um mehr als die Hälfte verminderten Werth der mittleren Arbeit, aber sie lassen das Ansteigen der Letzteren vermissen nachdem die Periode der Nachwirkung erloschen ist.

Mit diesem ausführlich dargelegten Befund stimmen nun zahlreiche Beobachtungen überein, die ich an verschiedenen Herzen im Verlauf von drei Sommermonaten ausgeführt habe. Zuweilen findet sich, nachdem die herabsetzende Wirkung der Vagusreizung erloschen, eine kurze Periode mit kräftigeren Herzschlägen. Häufiger noch fehlt diese Erscheinung, aber auch da wo sie auftrat genügte der Ueberschuss, den das Herz an Arbeit gab, niemals auch nur annähernd um den Verlust während der vorausgegangenen Erregungsperiode zu decken.

Obwohl die Erscheinung, dass sich zu einer gewissen Zeit nach beendigter Vagusreizung die Arbeit des einzelnen Schlages über das Maass erhöht, welches vor der Reizung bestanden hat, ernstlicher Weise wohl nicht dazu benutzt werden kann, um die Annahme zu stützen, dass die geringere Summe von Reizen,

welche während der Vaguserregung ausgegeben werden, sich ausgleiche durch das grössere Maass der später ausgegebenen, so verdient die genannte Thatsache doch die volle Beachtung. Irre ich nicht, so reiht sich dieselbe an die Beobachtungen an, welche *Czermak* und *v. Piotrowsky* [1]) am ausgeschnittenen Herzen vom Kaninchen gewonnen haben. An einer sehr umfänglichen Versuchsreihe gelangten sie zu Mittelwerthen, welche deutlich darauf hinweisen dass die Zahl der Schläge, welche das ausgeschnittene Herz des Thieres bis zum vollen Absterben ausführte, am grössten war, wenn die *n. vagi* unmittelbar vor dem Tod des Thiers gereizt waren, kleiner, wenn die genannten Nerven des Thieres nicht gereizt gewesen, und am kleinsten, wenn die *n. vagi* schon vor dem Tode des Thieres durchschnitten waren. Die Aehnlichkeit dessen, was ich am Froschherzen beobachtet habe mit den eben wiedergegebenen Thatsachen scheint mir einleuchtend und die Erklärung für dieselben glaube ich suchen zu müssen in der Erholung, welche die Nerven und Muskeln des Herzens während der absoluten und relativen Ruhe gewonnen haben, die durch den erregten *n. vagus* eingeleitet wurde. Jedenfalls genügt diese Annahme, um es begreiflich zu machen dass das Herz auch ohne eine Aenderung in den Reizen während einer kurzen Zeit nach dem Ablauf der Vaguserregung stärkere Schläge auszuführen vermochte.

Dieser Versuch, die Thatsachen zu deuten, reicht jedoch nicht vollständig aus, um den ganzen Kreis der secundären Vaguswirkung zu erklären. In dem Tab. I vorgelegten Vorgang werden die einzelnen Schläge nicht allein kräftiger, sondern sie folgen einander auch seltner, und was hier vorkommt, findet sich auch öfter in andern ähnlichen Fällen. Der Einfluss, der sich schon hierdurch auf die Auslösung der Reize darstellt, wird aber unter bestimmten Umständen noch viel augenfälliger. — Es giebt, wie bekannt, Zustände des Herzens, in welchen nicht alle Schläge von gleicher Dauer oder gleicher Kraft sind, namentlich aber kommt es öfter vor, dass diese Unregelmässigkeiten periodisch wiederkehren, so z. B. dass abwechselnd ein kurzer und schwacher Schlag und ein längerer und kräftigerer auftritt. Wenn an einem Herzen, das diese Art des Schlagens innehält, durch eine Reizung des *n. vagus* eine längere Pause

1) Wiener Sitzungsberichte 25. Bd. S. 431.

eingeleitet wird, so kehren, wie ich drei Mal gesehn, die Schläge nach der Pause als durchaus regelmässige zurück, dieses jedoch nur für kurze Zeit; denn schon nach wenigen Schlägen, welche einander gleich waren, stellt sich das Alterniren von einem kleinen und einem grossen wieder ein. Diese Thatsachen weisen darauf hin, dass die Nachwirkung der Vaguserregung sich auch in dem Vorgang auspräge, welcher bei der Entstehung der Herzreizung betheiligt ist. Hierbei bleibt es jedoch unentschieden, ob die Ruhe für sich allein wirksam war oder ob man dem *n. vagus* einen unmittelbareren Antheil zuzuschreiben hat.

Die Zahlen 11 bis 17 und 32 bis 47 in der Tabelle p. 370 zeigen aber noch eine andere, soweit mir bekannt bisher nicht beachtete Erscheinung. Diese besteht wie man sieht darin, dass das Herz während der vorhandenen Vaguserregung nicht blos seltener sondern auch schwächer schlägt.

Aehnliches wie in dem vorliegenden Beispiel findet sich nun allerdings nicht immer, aber doch sehr häufig. Um nach dieser Richtung hin einen Ueberblick über das Ergebniss meiner Beobachtungen zu gewinnen, leite ich die nachstehenden Wirkungsformen aus ihnen ab:

a. In Folge der Reizung verlängert sich die Pause; während derselben sinkt der Quecksilberstand tiefer als er in der vorhergehenden kürzeren Diastole herabgestiegen war; kehrt der Schlag wieder, so erhebt sich das Quecksilber zu Ende der Systole genau auf den Stand, den es vor der Reizung erreicht hatte, und es folgen nun mit dem Unterschiede, dass noch einige Pausen länger als vorher sind, Schläge von genau derselben Art wie sie vor der Reizung waren. Eine Anschauung von diesem Vorkommen gewährt die in Holzschn. 2 gegebene Abbildung, welche wie die frühere von der durch das Herz selbst gelieferten Curve abgepausst ist. In diesen unter meinen Beobachtungen seltenern Fällen lässt sich also mindestens während der Erregung des *n. vagus* keine Verminderung der Reize nachweisen, welche den Herzschlag auslösen. Eher wäre an das Gegentheil zu denken; doch lässt sich auch hierüber keine Gewissheit erhalten.

b. Eine zweite viel häufigere Erscheinung bietet sich ähnlich dem in Fig. 3 vorgelegten Falle. Mit dem Eintritt der ersten längern Pause sinkt die Spannung des ruhenden Herzens ab und es erhebt sich der nächste Schlag nicht mehr so hoch wie der vorhergehende, wobei die Excursion gleich gross bleiben oder auch kleiner ausfallen kann. Wird dann in Folge der dauernden Reizung die Pause noch länger, so sinkt das Quecksilber dem Nullpunkt bis zum Erreichen desselben näher, und wenn jetzt ein Schlag erscheint, so ist sein Hub ein sehr viel schwächerer. Werden von da ab die Schläge wieder häufiger, so hebt sich sowohl die Excursion als auch der Druck in der Herzruhe und es nähert sich mit jedem folgenden Schlage die Excursion und der ruhende Druck den vor der Reizung vorhandenen, bis beide erreicht sind oder vorübergehend um ein Kleines überschritten werden.

Fig. 2.

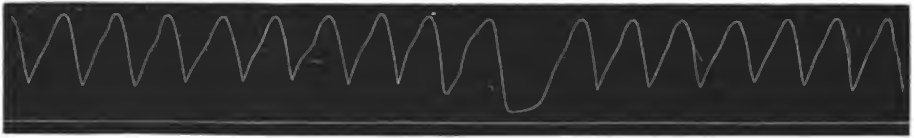


Fig. 3.

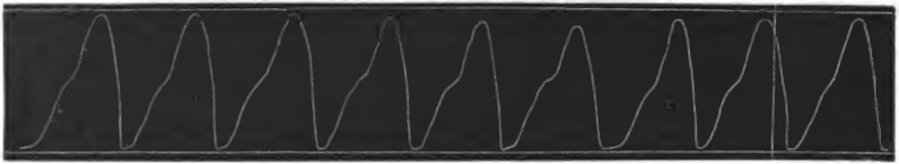


c. Nicht selten ereignet es sich auch, dass die erste Wirkung, welche die Vagusreizung hervorbringt, in einer Erniedrigung der Excursion besteht. Beispiele geben Fig. 4 u. 5. Bei dem verticalen Strich fiel die Reizung, eine schwache Tetanisirung, ein. Die untere Horizontallinie giebt die Gleichgewichtslage des Quecksilbers. Der obere horizontale Strich ist gezogen um die Höhen des Quecksilberstandes während der Systole besser vergleichen zu können. In solchen Fällen erhebt sich während der ersten Systole nach wirksam gewordener Vaguserregung das Quecksilber weniger als es vorher geschah, trotzdem dass die vorhergehende Pause nicht länger und der Stand des Quecksilbers in der Herzruhe nicht niedriger war. In Folge dieses niedrigern Schlags und seiner meist längeren Pause wird nun der Stand der Ruhespannung am Ende der Diastole ein geringerer und dann der darauffolgende Schlag noch weniger kräftig. So wie das Absinken bei steigender, so erfolgt auch wieder das Anwachsen bei verschwindender Erregung des *n. vagus*, und hier kommt es ebenfalls öfter vor, dass die Ruhespannung nicht abweicht von der vor aller Erregung vorhanden gewesenen, während doch die Hubhöhe der Systole eine geringere als vorher ist.

Fig. 4.



Fig. 5.



13

d. In andern aber seltenern Fällen kommt es endlich auch vor, dass bei fortgesetzter Vagusreizung die Pausen überhaupt nicht länger werden, während die Excursionen und der Druck des ruhenden Herzens niedriger werden. Beispiele geben hierfür Fig. 6 u. 7.

Zahlenbelege für das wesentlichste der eben gegebenen Mittheilungen sind in den Tabellen II und III, IV und V enthalten.

Fig. 6.



Fig. 7.

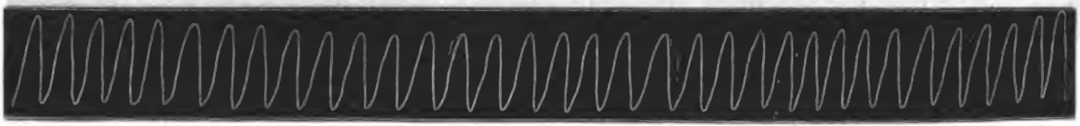


Tabelle II.

No.	Schlagzeit in Secunden	Druck der Herzruhe	Hubhöhe	Quadrat des Hubes
1	—	—	—	—
2	1.6	4.7	23.0	529
3	1.4	4.5	22.8	519
4	1.5	4.7	»	519
5	1.3	4.7	22.7	515
6	1.4	4.5	22.5	506
7	† 1.4	4.7	22.3	497
8	1.7	4.7	21 3	453
9	o 12.0	2.8	17.3	299
10	2.0	0.0	4.9	24
11	1.8	1.6	5.7	32
12	1.5	1.9	6.5	42
13	1.7	2.3	8.5	72
14	1.9	3.0	10.5	110
15	1.8	3.2	12.8	163
16	1.7	3.4	15.2	231
17	1.6	3.4	17.1	292
18	1.6	3.6	19.4	376
19	1.6	3.8	21.0	441
20	1.6	3.8	22.0	484
21	1.7	4 0	23.0	529
22	1.7	4.2	23.0	529
23	1.7	4.6	23.0	529
24	1.7	4.6	23.0	529
25	1.7	4.8	22 7	515
26	1.5	4.8	22.8	519
27	1.6	5.1	22.0	484
28	† 1.6	5.1	21.4	457
29	o 9.4	5.1	19 0	361
30	1.8	0.0	4.2	17
31	1.7	1.2	5.7	32
32	1.6	1.9	7.6	57
33	1.7	2.5	9.5	90
34	1.8	2.5	12.4	153
35	1.8	2.3	15.2	231
36	1.8	2.3	17.1	292
37	1.8	2.7	19.0	361
38	1.5	2.8	20.0	400
39	1.6	2.8	21.0	441
40	1.8	3.0	21.0	441
41	1.7	3.2	21.2	449
42	1.6	3.8	21.0	441
43	1.7	4.0	21.0	441
44	1.7	4.0	21.0	441
45	1.5	4.0	21.0	441

Tabelle III.

No.	Schlagdauer in Secunden	Spannung des ruhenden Herzens	Hubhöhe	Quadrat des Hubes
1	2.4	1.9	35.8	1281
2	1.6	2.3	36.0	1296
3	1.3	9.9	28.5	812
4	1.5	9.1	25.3	640
5	1.3	8.7	26.6	707
6	1.2	8.5	26.6	707
7	1.3	8.7	26.6	707
8	1.6	8.2	26.6	707
9	1.3	8.5	26.4	696
10	1.2	8.4	26.0	676
11	1.4 †	8.5	25.4	645
12	11.7 o	8.0	22.4	501
13	2.0	1.6	8.2	67
14	1.4	1.8	22.8	519
15	1.6	7.6	20.6	424
16	1.5	8.0	22.4	501
17	1.5	8.2	24.7	610
18	1.6	9.3	26.3	691
19	1.5	9.1	27.0	729
20	1.5	9.0	28.2	795
21	1.6	8.8	28.5	812
22	1.5	9.0	28.5	812
23	1.5	9.1	28.5	812
24	1.5	9.5	28.7	823
25	1.5	9.5	28.2	795
26	1.5 †	9.5	28.5	812
27	12.4 o	9.5	24.2	585
28	1.8	1.4	17.3	299
29	1.6	6.7	19.0	361
30	1.5	7.6	22.3	497
31	1.5	8.0	24.7	610
32	1.6	8.6	26.6	707
33	1.5	8.6	28.5	812
34	1.6	9.5	29.5	870
35	1.5	?	?	?
36	1.6	8.6	31.6	998
37	1.6	8.8	32.0	1024
38	1.5	9.0	32.8	1043
39	1.7	9.5	32.8	1075
40	1.4	9.5	32.3	1043

Tabelle IV.

No.	Schlagzeit in Secunden	Druck in der Pause.	Hubhöhe	Quadrat des Hubes
A 1	1.5	11.4	22.5	506
2	1.4	»	22.5	506
3	1.4	»	22.5	506
4	1.5	12.0	22.8	519
5	1.5	12.0	22.8	519
6	1.4	12.0	22.8	519
7	1.5	11.4	22.8	519
8	1.5 †	9.5	22.8	519
9	1.6	11.4	23.8	566
10	1.7	9.5	19.4	376
11	1.5	9.9	16.2	262
12	1.5	9.9	16.1	259
13	1.7	10.1	16.1	259
14	1.6	9.5	16.7	278
15	1.5 o	9.5	17.1	292
16	1.7	9.9	17.1	292
17	1.6	10.3	17.5	306
18	1.6	11.1	17.5	306
19	1.4	11.3	19.4	376
20	1.6	11.4	20.0	400
21	1.6	11.4	21.2	449
22	1.4	11.4	21.6	466
23	1.4	11.6	22.2	492
24	1.7	11.4	22.6	510
25	1.5	11.4	22.6	510
26	1.4	11.4	»	510
27	1.5	11.4	»	510
28	1.4	11.4	22.8	519
29	1.6	11.4	»	519
30	1.4	11.4	»	519
B. 1	1.7	7.6	29.6	874
2	1.9	»	29.6	874
3	1.8	»	29.6	874
4	1.9	»	29.4	864
5	1.8	»	29.4	864
6	1.8 †	»	29.4	864
7	2.4	»	28.1	789
8	2.2	6.1	23.2	538
9	2.0	6.6	23.6	556
10	2.4 o	7.0	25.1	630
11	2.3	9.0	25.9	670
12	2.3	9.2	27.8	772
13	2.1	9.3	29.6	874
14	2.2	7.6	30.2	912
15	2.2	7.6	30.8	948
16	2.0	7.6	31.4	985
17	2.0	7.6	30.4	924
18	1.8	7.8	30.4	924
19	1.8	8.2	30.4	924
20	1.7	8.6	29.6	874

Tabelle V.

No.	Schlagdauer in Secunden	Druck in der Herzpause	Hubhöhe
1	1.0	5.7	27.0
2	1.3	»	»
3	1.3	»	»
4	1.4	»	»
5	1.1	»	»
6	1.1	6.1	»
7	1.1 †	5.7	28.3
8	1.1	6.1	25.7
9	1.1	5.7	29.3
10	1.3	5.3	24.1
11	1.2	5.1	24 1
12	1.5	5.1	24.1
13	1.3	4.9	23.7
14	1.3	4 9	24.7
15	1.0	4.7	23.3
16	1.3	4.4	23.5
17	1.4	4.6	23.5
18	1.6	4.7	23.3
19	1.4	4 6	23.3
20	1.3	4.7	23.1
21	1.9	4.6	»
22	1.3	4.7	»
23	1.3	4.6	»
24	1.3	3.8	»
25	1.4	4 2	23.0
26	1.1	4.6	»
27	1.4 o	4.2	»
28	1.4	4.2	»
29	1.3	4.0	»
30	1.3	4.4	23.3
31	1.3	5.2	23.7
32	1.3	»	25.0
33	1.3	»	26.0
34	1.3	»	»
35	1.4	»	»
36	1.1	»	26.8
37	1.1	»	27.2
38	1.4	»	27.2
39	1.3	»	27.2
40	1.2	»	27.8
41	1.4	»	27.8
42	1.3	»	27.8
43	1.3	»	27.8
44	1.4	»	28 1

Zu den beiden Zahlenbeispielen II u. III ist Folgendes zu bemerken. Sie sind demselben Herzen entnommen. Beide unterscheiden sich dadurch von einander, dass die ursprüngliche Füllung eine verschiedene war; aus dem in den Pausen vorhandenen Druck ist zu erkennen, dass die Füllung in II geringer war als in dem später entnommenen III. Dieser Unterschied drückt sich denn auch in den Excursionen aus, welche in II kleiner als in III sind. — In beiden Reihen ist zu beachten (siehe II 7 u. 8, 28 u. 29 und in III 11 u. 27), dass als die erste Folge der eingeleiteten Reizung, also noch vor der Verlängerung der Pause und dem Herabgehn des Drucks in der Herzruhe die Excursionen kleiner werden. — Ausserdem findet sich durchweg, wenn auch in ungleichem Maasse, das allmählige Ansteigen der Excursion und des Drucks der Herzruhe nach der langen Pause, siehe II von 10 bis 20 und ferner vom 30. zu dem 45. Schlag und in III vom 13. zum 17. und vom 26. zum 31. Schlag. — In III kommt auch ohne Zuthun einer electrischen Vagusreizung 1. u. 2. die Erscheinung vor, dass nach längerer Pause mit tiefem Sinken der Spannung in der Herzruhe ein Schlag mit grösserer Excursion als später erscheint, wo die Pause kürzer und der Druck während der Herzruhe höher geworden war.

Die Tabelle IV namentlich aber V enthält genauere Angaben über die Erscheinung, welche oben unter *d* aufgeführt und durch die Holzschnitte 6 u. 7 versinnlicht ist; siehe von Schlag 7 bis zu 36.

Die vorstehenden Mittheilungen dürften keinen Zweifel darüber lassen, dass der erregte *n. vagus* die Arbeit des Herzens nicht bloss dadurch herabsetzt, dass er die Schläge seltener erscheinen lässt, sondern auch dadurch, dass er die Stärke des einzelnen Schlages vermindert. Aus der besonderen Art, unter der dieses Auftreten stattfindet, geht auch mit Sicherheit hervor, dass die Ursache für die Minderung der Herzarbeit in einer Herabsetzung der inneren Herzreize zu suchen sei. Denn welchen andern Erklärungsgrund für den Unterschied in der Arbeit

zweier Schläge könnte man vorführen, wenn beide bei gleicher Reizbarkeit des Herzens von gleicher Füllung und gleichem Härtegrad des Herzens ausgegangen sind.

Obwohl nun allerdings die letzteren Fälle die einzigen sind, aus denen mit Sicherheit auf eine Abstumpfung der inneren Herzreize durch den *n. vagus* geschlossen werden kann, so begründen zahlreiche andere mindestens eine grosse Wahrscheinlichkeit für das genannte Verhalten unseres Nerven. Hierher gehören Fälle wie diejenigen, von denen in Tabelle V und Fig. 7 ein Beispiel vorgelegt ist, denn in diesen kann das Sinken der Spannung des ruhenden Herzens, welches während der dauernden Vagusreizung eintritt, nur geschoben werden auf die schwächeren Excursionen die die Herzschläge ausführten, keineswegs aber würde ohne Weiteres der umgekehrte Zusammenhang zu statuiren sein. Nicht minder wahrscheinlich ist es auch, dass die in Tabelle II und III bez. in Fig. 3 vorgeführten Typen, in welchen nach einer längeren Pause die Schläge mit geringerer Kraft beginnen, von schwächeren Reizen angeregt waren. Wollte man die niedrigen Excursionen, die nach der längeren Pause auftreten, aus einer verminderten Spannung des Herzens in der Ruhe ableiten, so würde das auffallende Vorkommen unerklärt bleiben, welches sich bei einer Vergleichung gewisser Zahlen in Tabelle II und III herausstellt. Die Zahlen beider Tabellen sind von demselben Herzen geliefert worden, und die Vorrichtungen der Versuche unterschieden sich in beiden Beobachtungsreihen nur dadurch, dass in II die ursprüngliche Füllung geringer war als in III; in Folge hiervon war die Excursion des normal schlagenden Herzens in III um einige Millimeter höher als in II; als aber in III der *n. vagus* gereizt und hierdurch eine längere Pause erzielt wurde, sank auch in III die Spannung der Ruhe auf Werthe herab, wie sie in II vorkamen. Man hätte jetzt erwarten sollen, dass auch die Excursionen auf die normalen von II herabgegangen wären, vorausgesetzt, dass der innere Herzreiz nicht herabgesetzt worden wäre. Aus einer Betrachtung der Schläge 15, 16, 29 und 30 ergiebt sich nun aber, dass jetzt die Excursionen noch kleiner als die normalen von II sind, trotzdem dass die Spannung in der Ruhe eine grössere war, als sie jemals in II vorkommt. Daraus scheint denn doch hervorzugehen, dass die Ursache der verminderten Excursionen in einem geringeren Reize, nicht aber in der ver-

minderten Spannung zu suchen sei. — Der Grund des verminderten Reizes kann beim Froschherzen, dessen Kammer keine Blutgefässe besitzt, auch nicht abgeleitet werden aus einer Störung der Ernährung, so dass nach alledem nichts übrig bleibt, als eine unmittelbare Wirkung des *n. vagus*. Da nun auch die Verlängerung der Pausen die Reizung des *n. vagus* überdauert, so verstösst es nicht gegen die Analogie anzunehmen, dass auch die Wirkung, welche der *n vagus* auf die Schlagkraft des Herzens besitzt, allmählig verschwinde; hierfür treten denn auch ohne Weiteres die Fig. 6 u. 7 ein.

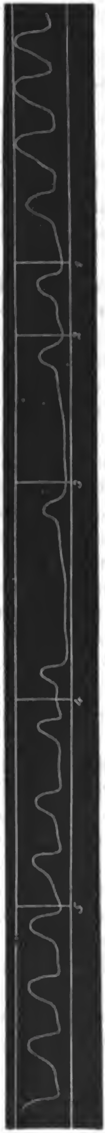
Schon oben wurde erwähnt, dass die Wirkung, welche der *n. vagus* auf die Kraft der Zusammenziehung übt, nicht jedesmal in die Erscheinung trete. Die nächste Aufgabe jedes weiteren Versuches würde demnach darin bestehen, zu ermitteln, unter welchen Umständen sie auftritt oder fehlt. Obwohl ich dieser Frage nachgegangen bin, so habe ich doch zu keiner Lösung derselben gelangen können, denn man wird es nicht für eine solche halten, wenn ich hervorhebe, dass die Individualität des Herzens hierbei eine wesentliche Rolle spielt; soviel steht nämlich fest, dass die den Reiz vermindernde Wirkung des *n. vagus* bei dem einen Herzen häufiger und stärker als bei dem andern auftritt. — Aus meinen Beobachtungen scheint ausserdem hervorzugehen. dass tetanische Reizungen sie leichter erzeugen, als ein einzelner Inductionsschlag, doch fehlt sie auch nach diesem nicht. Oefter ist es auch vorgekommen, dass in Folge der ersten Reizungen keine Verminderung der Excursionen, sondern nur eine Verlängerung der Pausen eintrat, während sie bei den späteren Erregungen desselben Nerven zum Vorschein kam. Hiernach könnte unsere Erscheinung mit der Ermüdung sei es des Nerven oder der reizenden Werkzeuge des Herzens in Verbindung gebracht werden.

Ein Herz, das von einer Vaguspause befallen ist, kann bekanntlich zu einem vollkommen normal ablaufenden Schlage geweckt werden, wenn ein beschränkter Theil seiner Oberfläche auch nur berührt wird; diese totale, vom Vorhof zur Kammer fortschreitende Bewegung, welche von einem engumgrenzten Reize ausgelöst war, hat man, so lange sie bekannt ist, als eine reflectorisch bedingte angesehn. — Unter dieser Voraussetzung würde es bemerkenswerth sein, wenn die Vagus-

reizung gar keinen Einfluss auf die Art ihres Erscheinens übte. Ich war gerade im Begriff mir hierüber Aufschluss zu verschaffen, als mich unvorhergesehene Umstände nach Hause riefen; aus diesem Grunde kann ich nur die Beobachtungen vorlegen, welche an einem Herzen gewonnen sind; die Absicht, die ich hiermit verbinde, kann nur die sein, den Gegenstand weiterer Aufmerksamkeit zu empfehlen.

Der Versuchsplan bestand darin, das Herz bei bestehender oder abwesender Vagusreizung in einer beschränkten Stelle mit sehr annähernd gleichen Reizen zu treffen und die Arbeit der beiden unter verschiedenen Bedingungen entstandenen Schläge zu vergleichen. Ich verkenne die grossen Schwierigkeiten nicht, welche sich der Ausführung meines Vorhabens entgegenstellen, und ich weiss dass die Anordnung meines Versuchs nicht fehlerfrei ist, dennoch scheint mir das gewonnene Resultat wegen seiner Deutlichkeit der Mittheilung werth. — Als Reizmittel benutzte ich einen Inductionsschlag, der dem durch das Serum weit ausgedehnten Ventrikel aus nahe zusammenstehenden Electroden zugeführt wurde. Der Schlag traf das Herz einerseits in verschiedenen Perioden der Vagusreizung (beginnender, voll ausgebildeter und verschwindender) und anderseits auch das nicht vom *n. vagus* angeregte Herz; hierbei fand sich nun, dass allerdings die Erregung des *n. vagus* von einem Einfluss auf die Grösse der Excursion, beziehungsweise auf das Maximum der vom Herzen erreichbaren Zusammenziehung war. Die Grösse derselben war nämlich so beschaffen, wie man sie unter den gegebenen Umständen auch ohne Hinzutreten eines äussern Reizes hätte erwarten sollen; bei wachsender Vaguserregung, die sich durch die lange Pause ausdrückte, erzielte die Erregung einen niedrigen Hub, bei wieder verschwindender dagegen einen beträchtlicheren; war durch eine sehr starke Vaguserregung eine sehr anhaltende Pause hervorgerufen, und wurde in derselben mehrmals hintereinander und zwar in secundenlangen Abständen das Herz gereizt, so waren alle Schläge gleich hoch, dabei aber so niedrig, wie sie beim Wiederbeginn nach einer langen Pause zu sein pflegen, mit einem Worte, die Reihe der Herzschläge machte rücksichtlich ihrer Grösse den Eindruck, als ob diese letztere vielmehr von dem Zustande abhängig sei, in welchem sie durch den *n. vagus* versetzt worden, als von dem Reize, der sie getroffen hatte.


Fig. 8.


Fig. 9.

Die Figuren 8 u. 9, welche, durch den Storchschnabel verkleinert, zwei Curvenstücke des Versuchs wiedergeben, sollen den Inhalt der ebengegebenen Mittheilung versinnlichen. — In beiden Fällen fand eine tetanische Reizung des *n. vagus* statt, in Fig. 8 eine kürzere, in Fig. 9 eine längere. Während der Zeit, in welcher die Curven aufgeschrieben wurden, ward die äussere Herzfläche wiederholt gereizt; die Zeitpunkte, an denen dieses geschah, sind durch je einen senkrechten Strich bezeichnet; die horizontalen Striche haben die schon früher erklärte Bedeutung.

In Fig. 8 beginnt die Vagusreizung mit dem Anfang der Curve; sie endet in einer nicht genau bekannten Zeit etwa in der Mitte derselben. — Die Reizung der Herzfläche ruft jedesmal eine Zusammenziehung des Herzens hervor; der maximale Hub, zu welchem das Quecksilber gebracht wird, ist in der Höhe der Vagusreizung am geringsten; von da ab nimmt er nach beiden Seiten zu. — Als die Vaguserregung verschwunden brachte der Reiz (4) eine das gewöhnliche Maass der Zusammenziehung noch übersteigende Zuckung hervor.

In Fig. 9 beginnt die Vagusreizung kurz nach dem Anfang der Curve; sie schliesst etwas

über der Mitte derselben, in Folge der langen Reizung verbleibt eine sehr andauernde Nachwirkung. — Diese Curve giebt in Folge der Reizung der äusseren Herzfläche dasselbe Bild wie die frühere; sie verdient insofern besondere Beachtung, als sie nachweist, dass nicht bloss der maximale Hub sondern auch die Excursion der Zuckung niedriger war, die während der Vaguserregung durch einen äusseren Reiz veranlasst wird, selbst wenn sie von der nämlichen Ruhespannung ausgeht wie die normalen vor der Vaguserregung (Reiz 4).

Sind die Zuckungen reflectorisch, und setzt der *n. vagus* die Fähigkeit des Herzens innere Reize zu entwickeln herab, so ist die vorliegende Erscheinungsreihe eine selbstverständliche.

Aus mehrfachen Gründen schien mir auch die Bestimmung der Zeit wünschenswerth, welche zwischen dem Eintreffen des electrischen Reizes und dem Erscheinen des Schlages verstrich, um dieses Intervall mit Genauigkeit bestimmen zu können benutzte ich als Zeitmaass die Schwingungen einer Stimmgabel von *R. König*, welche 28 ganze Vibrationen in der Secunde ausführte. Aus der Zusammenstellung der 40 Reizungen, die ich an dem Herzen ausführte, liess sich eine gewisse Regelmässigkeit nicht verkennen; es zeigte sich nämlich, dass 30 Mal, also in 75% aller Fälle, der Zeitraum der latenten Reizung zwischen 0.2 und 0.3 Secunde fiel, und dass keinmal der Schlag früher als 0.14 und keinmal später als 0.47 Secunde erschien. Dieses Verhalten unterstützt die Annahme, dass die unter den vorliegenden Umständen auftretenden Herzbewegungen reflectorisch ausgelöste seien. Nur hierdurch dürfte der selbst in seinen minimalen Werthen lange Zeitraum verständlich sein, welcher zwischen Zuckung und Reizung verfliesst, und durch die Annahme eines Reflexes dürften die bedeutenden Abweichungen erklärbar sein, welche die Zeiträume bei verschiedenen Reizen darbieten. Das Auftreten spontaner Reize, die sich mit den äusseren kreuzen können, sind bei Erklärungsversuchen zwar ebenfalls im Auge zu behalten, aber mit Hilfe derselben lässt sich, wie mir scheint, doch nur die Abkürzung nicht aber die Verlängerung der latenten Reizungszeit erklären. — Ausdrücklich muss ich noch hinzufügen, dass meine wenigen Beobachtungen keine Veranlassung zu der Annahme geben, der *n. vagus* verhalte sich ähnlich zu den Zeiten der latenten Reizung, wie wir dieses seit *Türk* und *Setschenow* von gewissen

Hirntheilen für die vom Rückenmark ausgelösten Reflexe wissen. Damit soll selbstverständlich nicht gesagt sein, dass nicht sorgfältiger durchgebildete Versuche eine Analogie zwischen den Reflexen am Rückenmark und am Herzen herstellen könnten.

Da die Anordnung aller meiner Versuche Zeitbestimmungen mit sich brachte, so liessen sich ungesucht auch Erfahrungen über die latente Reizung des *n. vagus* sammeln. Zur Feststellung dieses Zeitwerthes habe ich ausserdem eine besondere Versuchsreihe ausgeführt.

Da die Wirkung des *n. vagus* nur erkannt werden kann aus der Veränderung, welche sie an dem Herzschlag hervorbringt, so wird es nur dann möglich sein über ihre Dauer eine genauere Aussage zu machen, wenn es gelingt, den Versuch der Art einzurichten, dass der erste Schlag, welcher nach der Reizung folgt, entweder schon hinausgeschoben oder an Stärke vermindert ist. Geschieht dieses nicht, verläuft der Schlag während dessen die Reizung stattfand normal zu Ende und erhebt sich der folgende zu der Höhe, welche vor der Reizung bestand, so wird die Bestimmung um nahezu den Zeitwerth eines ganzen Herzschlags unsicher; denn wenn, was nun der günstigste Fall, der auf die Reizung folgende Schlag eine längere Pause nach sich zieht, so ist es ganz willkürlich anzunehmen, dass die Reizung des *n. vagus* erst dann in Wirksamkeit getreten sei, nachdem die Pause diejenige Zeitdauer erreicht hat, welche ihr voraussichtlich zukommen würde, wenn überhaupt keine Erregung des *n. vagus* stattgefunden hätte. In der That giebt es kein Mittel, wodurch wir feststellen könnten, ob nicht der Vagusreiz schon in Wirksamkeit getreten ist unmittelbar nachdem der innere Herzreiz ausgelöst worden. Denn die Erscheinung, dass die Pause des betreffenden Schlags verlängert ist, beweist uns überhaupt nur, dass er in einer Zeit, welche kleiner als der zeitliche Ablauf eines normalen Herzschlages ist, eingetreten sei. Ausgehend von dieser Betrachtung, welche schon *Donders* seinen Bestimmungen zu Grunde gelegt hat, schien mir das Herz des Frosches vorzugsweise geeignet, um die Frage nach der Dauer der latenten Vagusreizung ins Klare zu bringen, und zwar darum, weil bei der gewöhnlichen Temperatur die Zeit, welche ein ganzer Herzschlag ausfüllt, 1.3 bis

1.6 Secunde zu dauern pflegt. Diese Periode würde nach den Erfahrungen von *Donders*, *Prahl* und *Czermak* hinreichend lang sein, um die Wirkung des *n. vagus* zur Entfaltung zu bringen, bevor der nächste auf ihren Eintritt noch unmittelbar nachfolgende Herzschlag ausgelöst ist.

Die Versuche, welche ich vorzugsweise zur Feststellung der latenten Reizung unternahm, habe ich ganz auf dieselbe Weise wie es *Donders* gethan in das Werk gesetzt. Als Reiz benutzte ich den Oeffnungs- oder den Schliessungsschlag eines grossen Inductors von *Siemens* und *Halske*. Dieser Apparat ward durch mehrere (2—3) Grovische Elemente gespeist; um die Stärke des Entladungsschlages abstufen zu können, schaltete ich zu der primären Spirale eine Nebenschliessung ein und setzte in den Zweig, der durch die primäre Spirale des Inductors ging, eine Tangenten-Boussole. Allzu heftig darf man die Inductionsschläge nicht nehmen, weil sonst ein Uebertreten derselben auf das Herz nicht zu vermeiden ist, wie dieses ein stromprüfender auf das Herz gelegter Froschschenkel nachweist. Zur Markirung der Zeit diente die schon erwähnte Stimmgabel.

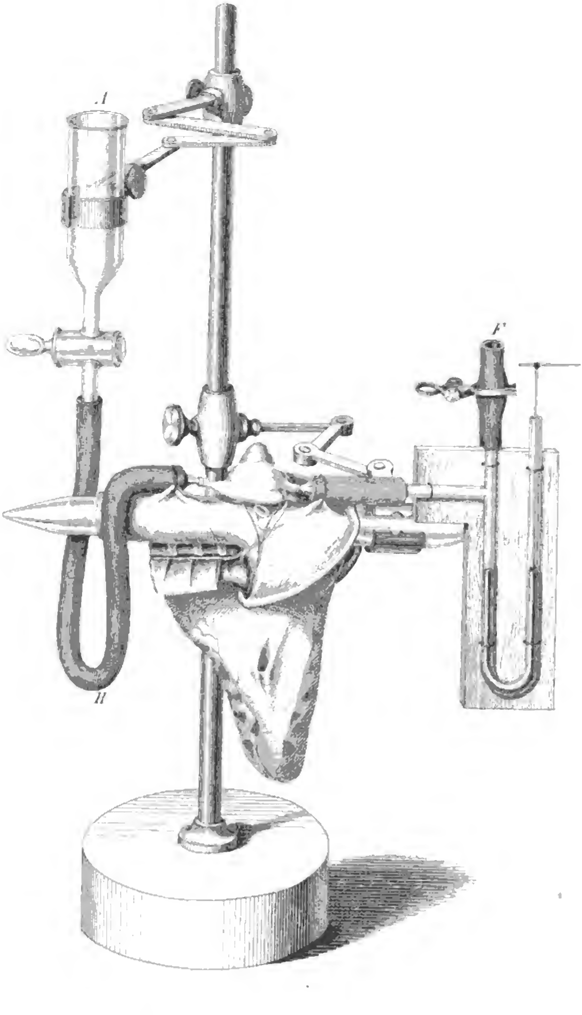
Bei der Anwendung dieser Einrichtung ist es mir nun auch sehr häufig gelungen, die Wirkung des Vagusreizes schon an dem nächsten auf ihn folgenden Schlage sichtbar zu machen, entweder dadurch, dass der nächstfolgende Schlag später auf den vorhergehenden erschien, als dieses ohne Vagusreizung an dem gebrauchten Herzen vorher und nachher geschah, oder auch dadurch, dass der nächste Schlag eine geringere Excursion als die vorhergehenden und nachfolgenden darbot. Als kürzesten Grenzfall der von mir beobachteten Zeiten stellte sich nun der folgende heraus: Die mittlere Schlagdauer betrug in der gewonnenen Curve 1.47 Secunde (von Beginn einer Systole bis zum Beginn der nächsten gerechnet). Auf einen solcher Schläge traf die Reizung ein, nachdem 1.33 Secunde seit seinem Beginn verflossen war, nachdem also in runder Zahl 0.9 Theile der ganzen Schlagzeit abgelaufen; in Folge dieses Reizes verlängerte sich der Schlag auf 1.53 Secunde und der darauffolgende erhob sich um 1.5 Millimeter weniger hoch als die vorhergehenden und folgenden. Aus dieser Beobachtung wird also zu schliessen sein, dass die Zeit der latenten Reizung nicht länger als 0.14 Secunde betragen habe, eine Zeit die sehr nahe mit der von *Donders* am Kaninchen zu 0.16 Secunde gefundenen überein-

stimmt. An diesen glücklichsten Fall reihen sich andere an, welche nahezu denselben Werth angeben.

Damit scheint mir nun allerdings der Beweis geliefert, dass es Umstände giebt, unter welchen sich in einer Zeit, die nicht länger als 0.14 Secunde dauert, der Reiz des *n. vagus* wirksam zeigen könne, aber es ist damit noch nicht erwiesen, dass der Reiz jedesmal in dieser Zeit seine Wirksamkeit entfaltet habe. Meine Versuchsreihen weisen nämlich auch andere zahlreiche Beispiele auf, wo der Reiz viel früher als die angegebene Zeit vor dem nächsten Schlage erschien, ohne dass dieser später aufgetreten wäre oder eine geringere Excursion des Quecksilbers veranlasst hätte, Fälle, in welchen entweder erst die nächste Pause verlängert oder die zweitnächste Excursion vermindert wurde. Hier konnte also die Zeit der latenten Reizung nicht weniger als eine Secunde betragen haben.

Auf Grund dieser Erfahrungen schliesse ich, dass die Zeitdauer der latenten Reizung eine von mehrfachen Bedingungen abhängige sei, deren gesetzliches Verhalten noch aufzudecken ist.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.



Berichte d. K. S. Ges. d. W. math. phys. Cl. 1869.
Zu Dr. Coats' Abhandlung.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig